



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA
PARA CONSUMO HUMANO DE LA RED N°4 DE LA
CIUDAD DE RIOBAMBA.”**

TESIS DE GRADO

Previa a la Obtencion de Título de:

INGENIERA QUÍMICA

JENNY ALEXANDRA DONOSO LLIQUIN

RIOBAMBA – ECUADOR

2013

AGRADECIMIENTO:

Mi agradecimiento infinito a Dios por bendecirme en este transcurso de mi vida y poder llegar ha donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado; ¡Gracias Señor!.

A mis padres que me han dado su apoyo incondicional en esta etapa de mi vida, gracias por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una exelente educación.

Mi mas sincerso agradecimiento a mi Director de Tesis; Ing. César Ávalos y a mi colaborador el Dr. Gerardo León, que con sus conocimientos me han sabido guiar durante todo el trabajo de investigación para culminar con éxito.

A la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba EMAPAR, por las facilidades prestadas, y la confianza para realizar la presente investigación.

Mi especial agradecimiento a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, en especial a la Facultad de Ciencias – Escuela de Ingenieria Química donde me he formado academicamente.

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de grado con todo amor y cariño a mis padres Wilson y Esthela , que me dieron la vida; y han estado conmigo en todo momento apoyandome con su espíritu alentador, contribuyendo incondicionalmente a lograr mis metas y objetivos propuestos.

Al tesoro mas grande de mi vida mi adorada hija Alejandrita Yamileth que es la razón de superarme día a día. A Luis E. por el apoyo, la confianza, el amor dedicado y por estar pendiente de la culminación del presente trabajo.

A mis hermanos Rolando, Patty y Melany por el apoyo brindado en cada día de mi vida.

A mi Dios por darme la fortaleza para alcanzar este anhelo que se vuelve una realidad tangible.

NOMBRE

FECHA

FIRMA

Dr. Silvio Álvarez Luna.
**DECANO DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS.**

.....

.....

Ing. Mario Villacrés
**DIRECTOR DE LA ESCUELA
DE INGENIERIA QUIMICA**

.....

.....

Ing. César Ávalos
DIRECTOR DE TESIS

.....

.....

Dr. Gerardo León
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....

.....

Sr. Carlos Rodríguez
**DIRECTOR DEL CENTRO DE
DOCUMENTACIÓN.**

.....

.....

HOJA DE RESPONSABILIDAD

“Yo, JENNY ALEXANDRA DONOSO LLIQUIN,
soy responsable de las ideas expuestas y
propuestas en el presente trabajo de
investigación y el patrimonio intelectual de la
Memoria de Grado pertenece a la **ESCUELA**
SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO”

Jenny Alexandra Donoso Lliquin

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	1
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	9
ÍNDICE DE GRAFICAS.....	10
ÍNDICE DE ANEXOS.....	11
ÍNDICE DE DIAGRAMAS Y FOTOGRAFÍAS.....	12
ÍNDICE DE ABREVIATURAS Y SIMBOLOS.....	13
INTRODUCCIÓN.....	16
ANTECEDENTES.....	18
JUSTIFICACIÓN.....	19
OBJETIVOS.....	20
HIPÓTESIS.....	21

CAPITULO I

PARTE TEORICA

1. MARCO TEORICO.....	23
1.1 GENERALIDADES DEL AGUA.....	23
1.1.1 ESTADOS DEL AGUA.....	24
1.1.1.1 ESTADO SÓLIDO.....	24
1.1.1.2 ESTADO LÍQUIDO.....	24
1.1.1.3 ESTADO GAS.....	24
1.1.2 PROPIEDADES DEL AGUA.....	25
1.1.2.1 PROPIEDADES QUÍMICAS.....	25
1.1.2.2 PROPIEDADES FÍSICAS.....	25
1.1.3 AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	26
1.1.3.1 TIPOS DE AGUA SUBTERRÁNEA.....	26
1.1.3.1.1 REOCRENO.....	27
1.1.3.1.2 LIMNOCRENO.....	27
1.1.3.1.3 HELOCRENO.....	27

1.1.3.2 CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	27
1.1.3.2.1 CARACTERÍSTICAS DE UN AGUA DE BUENA CALIDAD.....	28
1.1.3.2.2 INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA.....	28
A. PARÁMETROS FÍSICOS.....	29
B. PARÁMETROS QUÍMICOS.....	30
C. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS.....	32
1.2 TRATAMIENTO DE AGUAS.....	32
1.2.1 INTERCAMBIADORES IÓNICOS.....	32
1.2.1.1 RESINAS DE INTERCAMBIO IÓNICO.....	33
1.2.1.1.1 TIPOS DE RESINAS DE INTERCAMBIO IÓNICO.....	34
A. RESINAS CATIÓNICAS DE ÁCIDO FUERTE.....	34
1.2.1.1.2 PROPIEDADES DE LAS RESINAS INTERCAMBIADORAS DE IONES.....	35
A. GRANULOMETRÍA.....	35
B. PESO ESPECÍFICO.....	38
C. POROSIDAD.....	39
D. DENSIDAD REAL (MASA VOLÚMICA DE LAS PARTÍCULAS DE RESINA).....	40
1.2.1.1.3 REGENERACIÓN DE LA RESINA.....	40
A. REGENERACIÓN EN CO-CORRIENTE (CFR).....	41
B. REGENERACIÓN EN CONTRA-CORRIENTE (RFR).....	42
1.2.2 ABLANDAMIENTO DEL AGUA.....	44
1.2.3 FILTRACIÓN DEL AGUA.....	46
1.2.3.1 FILTROS LENTOS DE ARENA.....	47
1.2.3.2 FILTROS COMPUESTOS DE CARBÓN ACTIVADO.....	48
1.2.4 POTABILIZACIÓN DE AGUA.....	52
1.2.4-1 DIAGRAMA DE ETAPAS DEL MODELO DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA.....	54
1.2.4.1 CAPTACIÓN.....	55
1.2.4.2 FILTRACIÓN.....	55
1.2.4.3 ABLANDAMIENTO.....	56
1.2.4.4 DESINFECCIÓN.....	57

1.2.4.5 DISTRIBUCIÓN.....	58
1.3 NORMATIVA AMBIENTAL.....	59

CAPITULO II

PARTE EXPERIMENTAL

2.1 ANÁLISIS DE AGUA.....	62
2.1.1 MUESTREO.....	62
2.1.1.1 PROCEDIMIENTO GENERAL DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS.....	63
2.1.1.1.1 ANÁLISIS FISICO QUIMICOS.....	63
2.1.1.1.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.....	64
2.1.1.2 FRECUENCIA DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS.....	64
2.1.1.3 METODOLOGÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	64
2.2 MATERIALES, MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	65
2.2.1 MATERIALES.....	65
2.2.2 MÉTODOS.....	66
2.2.3 TÉCNICAS.....	68
2.2.3.1 DETERMINACIÓN DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS.....	68
2.2.3.2 DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA.....	69
2.2.3.3 DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES QUÍMICAS DEL AGUA.....	73
2.2.3.4 DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA.....	83

CAPITULO III

CÁLCULOS Y DIMENSIONAMIENTO

3.1 ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE LA RESINA.....	85
3.1.1 DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD REAL.....	85
3.1.2 DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO.....	85
3.1.3 DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE POROSIDAD.....	86

3.1.4 DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA.....	88
3.2 CÁLCULO DEL VOLUMEN DE LOS FILTROS DEL EQUIPO POTABILIZADOR UTILIZADO A NIVEL DE LABORATORIO.....	93
3.3 CÁLCULOS COMPLEMENTARIOS DE LA RESINA UTILIZADA EN EL TRATAMIENTO A NIVEL DE LABORATORIO.....	94
3.3.1 CANTIDAD DE RESINA UTILIZADA A NIVEL DE LABORATORIO PARA TRATAR UNA MUESTRA DE 20 L DE AGUA DURA.	94
3.3.2 REGENERACIÓN DE LA RESINA.....	94
3.4 DATOS DEL ANÁLISIS DEL AGUA ANTES Y DESPUES DEL TRATAMIENTO.....	95
3.5 EFICIENCIA DEL SISTEMA PLANTEADO.....	98
3.5.1 DUREZA.....	98
3.5.2 SÓLIDOS TOTALES.....	98
3.5.3 SÓLIDOS DISUELTOS.....	98
3.6 ESCALADO DEL DISEÑO DE ACUERDO AL CONSUMO Y EL CAUDAL EXISTENTE DE AGUA EN LA PARROQUIA DE YARUQUIES.....	99
3.6.1 CONSUMO DE AGUA AL DIA POR CADA HABITANTE.....	99
3.6.2 CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE RESINA NECESARIA PARA TRATAR 1000 m ³ DE AGUA.....	100
3.6.3 TAMAÑO DE LOS FILTROS DE RESINA Y DE CARBÓN ACTIVADO.....	100
3.6.4 CÁLCULO DE CAUDALES.....	101
3.6.4.1 CÁLCULO DEL CAUDAL DE CAPTACIÓN.....	101
3.6.4.2 CÁLCULO DEL CAUDAL DE CONDUCCIÓN.....	101
3.6.4.3 CÁLCULO DEL CAUDAL DE TRATAMIENTO.....	101
3.6.5 CÁLCULO DE FILTROS PARA RETENCIÓN DE SÓLIDOS.....	102
3.6.5.1 CÁLCULO DEL NÚMERO DE FILTROS.....	102
3.6.5.2 CÁLCULO DEL ÁREA SUPERFICIAL.....	102
3.6.5.3 CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE MÍNIMO COSTO.....	103
3.6.5.4 CÁLCULO DE LA LONGITUD DE LA UNIDAD.....	104
3.6.5.5 CÁLCULO DE ANCHO DE UNIDAD.....	104

3.6.5.6 CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE CARGA PRODUCIDA POR EL LECHO.....	105
3.6.6 CÁLCULO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO.....	105
3.6.7 DESINFECCIÓN.....	107

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL AGUA.....	109
4.1.1 RESULTADO DEL ANÁLISIS DEL AGUA ANTES Y DESPUES DEL TRATAMIENTO.....	109
4.2 ANÁLISIS DE LA RESINA	109
4.2.1 TIEMPO DE RECIRCULACIÓN DEL SISTEMA EN FUNCIÓN DE LA DISMINUCIÓN DE LA DUREZA DEL AGUA.....	109
4.2.2 ANÁLISIS REALIZADOS A LA RESINA DE TIPO CATIÓNICA.....	110
4.3 ESPECIFICACIONES DEL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN.....	111

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.....	114
5.1 RECOMENDACIONES.....	116
RESUMEN.....	117
SUMARY.....	118
BIBLIOGRAFÍA.....	119

INDICE DE TABLAS

TABLA 1.1.2.2 -1	
PROPIEDADES FÍSICAS.....	26
TABLA A-1	
PARÁMETROS FÍSICOS.....	29
TABLA B-1	
PARÁMETROS QUÍMICOS (INDICADORES).....	30
TABLA B-2	
PARÁMETROS QUÍMICOS (SUSTANCIAS QUÍMICAS).....	31
TABLA C-1	
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS.....	32
TABLA 1.2.1.1.1-1	
TIPOS DE RESINA.....	35
TABLA 1.2.2-1	
CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS DE ACUERDO A LA DUREZA.....	45
TABLA 1.2.3-1	
CLASIFICACIÓN DE LOS FILTROS.....	47
TABLA 1.2.4 – 1	
PROCESOS UNITARIOS POSIBLES A LLEVAR A CABO EN FUNCIÓN DE LOS CONTAMINANTES PRESENTES.....	53
TABLA 1.2.3.4 -1	
CARACTERÍSTICAS DE RESINAS COMERCIALES, REFERENCIAS PARA EL DISEÑO.....	57
TABLA 1.3-1	
NORMAS EN LAS QUE SE BASA EL ANÁLISIS DE AGUA Y EL DISEÑO DE TRATAMIENTO.....	59
TABLA 2.1.1.3-1	
METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	65
TABLA 2.2.2 – 1	
DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE ANÁLISIS.....	66
TABLA 2.2.3.1-1	
RECOLECCIÓN DE MUESTRAS (STÁNDAR MHEOTDS *2310	

A y B).....	68
TABLA 2.2.3.2-1	
POTENCIAL DE HIDROGENO ph (STANDARD METHODS *2310	
A y B).....	69
TABLA 2.2.3.2-2	
TEMPERATURA (STANDARD METHODS *2550 B).....	70
TABLA 2.2.3.2-3	
CONDUCTIVIDAD (STANDARD METHODS *2510 B).....	71
TABLA 2.2.3.2-4	
TURBIEDAD (STANDARD METHODS *2130 A y B).....	72
TABLA 2.2.3.3 -1	
DUREZA (STANDARD METHODS *2340 B y C).....	73
TABLA 2.2.3.3 -2	
CALCIO (STANDARD METHODS *3500 Ca).....	74
TABLA 2.2.3.3 -3	
ALCALINIDAD (STANDARD METHODS *2320 B).....	75
TABLA 2.2.3.3 -4	
CLORUROS (STANDARD METHODS *4500 Cl – B).....	76
TABLA 2.2.3.3-5	
FOSFATOS.....	77
TABLA 2.2.3.3 -6	
NITRITOS.....	78
TABLA 2.2.3.3 -7	
SÓLIDOS TOTALES.....	79
TABLA 2.2.3.3 -8	
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS.....	80
TABLA 2.2.3.3 -9	
HIERRO.....	81
TABLA 2.2.3.3-10	
AMONIOS.....	82
TABLA 2.2.3.4-1	
CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA (STANDARD METHODS	

5220D /9222D).....	83
TABLA 3.1.4-1	
DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA GRANULOMETRIA DE RESINA CATIÓNICA CORRESPONDIENTE AL TAMIZ SERIE 14.....	89
TABLA 3.1.4-2	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA RESINA CATIÓNICA PARA 200 g.....	90
TABLA 3.4-1	
DATOS DEL ANÁLISIS DE DUREZA ANTES Y DESPUES DEL CORRESPONDIENTE TRATAMIENTO.....	95
TABLA 3.4-2	
DATOS DEL ANALISIS DE MAGNESIO ANTES Y DESPUES DEL CORRESPONDIENTE TRATAMIENTO.....	96
TABLA 3.2-3	
DATOS DEL ANÁLISIS DE CALCIO ANTES Y DESPUES DEL CORRESPONDIENTE TRATAMIENTO.....	97
TABLA 3.6.1-1	
DOTACIONES RECOMENDADAS SEGÚN POBLACIÓN Y CLIMA.....	99
TABLA 4.1.1 -1	
VALORES OBTENIDOS DEL ANÁLISIS DEL AGUA ANTES Y DESPUES DEL TRATAMIENTO.....	109
TABLA 4.2.1 -1	
TIEMPO DE RECIRCULACIÓN DEL SISTEMA VS DISMINUCIÓN DE LA DUREZA DEL AGUA.....	109
TABLA 4.2.2	
VALORES OBTENIDOS DE LOS ANÁLISIS REALIZADOS A LA RESINA CATIÓNICA.....	110
TABLA 4.3-1	
ESPECIFICACIONES DEL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN PARA 1000 m ³	111

INDICE DE FIGURAS

Fig A-1.	
DIAGRAMA GRANULOMÉTRICO.....	37
Fig A-2	
TAMICES ROTATORIOS Y VIBRATORIOS.....	38
Fig A-1	
REGENERACIÓN EN CO-CORRIENTE.....	41
Fig A-2	
DIAGRAMA DE ZONA AGOTADA VS ZONA REGENERADA DE LA RESINA.....	42
Fig B-1	
REGENERACIÓN EN CONTRA - CORRIENTE (DE ABAJO HACIA ARRIBA).....	43
Fig B-2	
REGENERACIÓN EN CONTRA - CORRIENTE (DE ARRIBA HACIA ABAJO).....	44
FIG. 1.2.3.2-1	
CARBÓN ACTIVADO.....	49

INDICE DE GRAFICAS

GRAFICO 3.1.4 -1	
CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA RESIA CATIÓNICA.....	11
GRAFICO 3.1.4 -2	
DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO MEDIO DE LA RESINA.....	92
GRAFICA 3.4-1	
DATOS DE DUREZA OBTENIDOS ANTES Y DESPUES DEL TRATAMIENTO.....	95
GRAFICA 3.4-2	
DATOS DE MAGNESIO OBTENIDOS ANTES Y DESPUES DEL TRATAMIENTO.....	96
GRAFICA 3.4-3 DATOS DE CALCIO OBTENIDOS ANTES Y DESPUES DEL TRATAMIENTO.....	97
GRAFICA 4.2.1 – 1	
TIEMPO DE RECIRCULACIÓN DEL SISTEMA VS DISMINUCION DE LA DUREZA DEL AGUA.....	110

INDICE DE ANEXOS

ANEXO I	
NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1108: 2010	
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	122
ANEXO II	
NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1108: 2010	
REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS.....	123
ANEXO III	
NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1108: 2010	
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN	
DE AGUA POTABLE.....	124
ANEXO IV	
RESULTADO DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA	
ANTES DEL TRATAMIENTO- MUESTRA N° 1.....	125
ANEXO V	
RESULTADO DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA	
ANTES DEL TRATAMIENTO- MUESTRA N° 2.....	126
ANEXO VI	
RESULTADO DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA	
ANTES DEL TRATAMIENTO- MUESTRA N° 3.....	127
ANEXO VII	
RESULTADO DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA	
ANTES DEL TRATAMIENTO- MUESTRA N° 4.....	128
ANEXO VIII	
RESULTADO DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA	
DESPUES DEL TRATAMIENTO- MUESTRA N° 1.....	129
ANEXO IX	
RESULTADO DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA	
MUESTRA N° 1.....	130
ANEXO X	
RESULTADO DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	
DEL AGUA MUESTRA N° 2.....	131
ANEXO XI	
COSTOS POR CADA ETAPA DEL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN	
DISEÑADO.....	132

INDICE DE DIAGRAMAS Y FOTOGRAFIAS

FOTOGRAFIA I	
ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE LA RESINA.....	134
FOTOGRAFIA II	
PREPARACIÓN DEL EQUIPO PARA POTABILIZAR UNA MUESTRA DE AGUA.....	135
FOTOGRAFIA III	
FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO MAS RECOLECCIÓN DE MUESTRA TRATADA.....	136
DIAGRAMA I	
ETAPAS DEL MODELO DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA.....	137
DIAGRAMA II	
DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO RED N° 4 YARUQUÍES....	138
DIAGRAMA III	
DETALLE DEL ABLANDADOR.....	140
DIAGRAMA IV	
DETALLE DEL REGENERANTE Y CUARTO DE SAL.....	142

INDICE DE ABREVIATURAS Y SIMBOLOS

EMAPAR	Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba.
EDTA	Ácido etilendiaminotetracético
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización.
ST	Sólidos Totales
SD	Sólidos Disueltos
SS	Sólidos Suspendidos.
TAC	Alcalinidad.
RCF	Resinas catiónicas de ácido fuerte.
RCD	Resinas catiónicas de ácidos débiles.
RAF	Resinas aniónicas de bases fuertes.
RAD	Resinas aniónicas de base débil.
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
CFR	Regeneración en Co-Corriente
N°	Número.
%	Porcentaje.
Min	Minuto.

Q	Caudal.
C	Grados Celsius.
QMD	Caudal máximo diario.
L/s	Litros por segundo.
p.p.m	Partes por millón.
pie ²	Pie Cuadrado
eq	Equivalente.
s	Segundo.
cm	Centímetro.
cm ³	Centímetro cúbico.
m ³	Metro cúbico.
m ²	Metro cuadrado.
m	Metro.
g	Gramo
L	Litro.
mm	Milímetro.

μ	Viscosidad cinemática.
ρ	Densidad del agua.
G	Gradiente de velocidad.
g	Aceleración de la gravedad.
H ₂ O	Agua.

INTRODUCCIÓN

El agua es un líquido necesario y vital para la supervivencia de los seres vivos, es la sustancia más difundida sobre la tierra y uno de los componentes principales de la naturaleza; la podemos encontrar de diferentes formas como son: líquida, sólida y en forma de gas o también conocida como vapor.

El agua es utilizada en diferentes actividades como alimentación, higiene, agricultura y procesos industriales. De acuerdo al destino que tendrá se elegirá los diferentes tratamientos existentes. En lo que respecta a aguas destinadas al consumo humano las exigencias higiénicas son más rigurosas, la característica principal; ser potable y cumplir con parámetros establecidos en una norma la cual determinara si se trata de un agua de buena calidad.

Se trata de un agua de buena calidad aquella que está totalmente limpia, no tiene sabor y color alguno, no contiene virus bacterias o parásitos que puedan provocar alguna enfermedad, por otra parte no debe sobrepasar los límites establecidos de sustancias minerales.

La Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (EMAPAR) tiene como finalidad dotar agua de buena calidad a la parroquia Yaruquíes correspondiente a la red N° 4.

Para cumplir con este objetivo se ha visto obligada a tomar medidas correctivas, siendo una de ellas el **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA RED N°4 DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA.”**,

La presente investigación está dirigida al diseño del sistema de tratamiento de agua subterránea proveniente del pozo denominado “ El Estadio”, agua que actualmente es consumida por la parroquia de Yaruquíes, que a pesar

de considerarla agua pura, posterior haberse realizado los análisis y estudios correspondientes, se pudo determinar que posee índices de dureza elevados, y un alto contenido mineral, por consecuente tiene una tendencia incrustante lo cual además de afectar el sistema de tuberías de la parroquia, en un plazo largo afectara la salud de cada uno de los consumidores de esta población.

ANTECEDENTES

Según Ugo Stornaiolo. La ciudad de Riobamba, capital de la provincia de Chimborazo fue fundada en 1534 cerca de la laguna de Colta. Después del suscitado terremoto existente en este lugar, la nueva Riobamba se trasladó hasta la llanura de Tapi, en 1799, lugar que ocupa hoy en día.

De acuerdo a la información del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), la población provincial es de 403,632 habitantes, y específicamente en Riobamba se tiene 124,807 habitantes.

Actualmente Riobamba cuenta con cinco parroquias urbanas: Maldonado, Veloz, Lizarzaburu, Velasco y Yaruquíes. En 1965 Yaruquíes se incorpora como parroquia urbana.

En la parroquia la problemática principal es la falta de tratamiento del agua que es distribuida para consumo humano a cada uno de los domicilios, una vez extraída del pozo, es conducida a un tanque de captación denominado reserva de Yaruquíes para desinfección y posterior distribución por la correspondiente red de tuberías.

JUSTIFICACIÓN

La Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado, entidad pública que tiene como función dotar del servicio de agua potable y alcantarillado; a la ciudadanía, mejorando así la calidad de vida de todos los habitantes de los diferentes sectores, urbano y urbano marginales de la ciudad de Riobamba y el cantón

Por tales motivos, se crea la necesidad de realizar el Diseño de un Sistema de Tratamiento de Agua para Consumo Humano de la Red N°4; este estudio lleva como finalidad mejorar las condiciones del agua con el fin de garantizar la calidad del líquido de consumo de la parroquia Yaruquíes.

En el presente estudio se analizara el efluente destinado a distribución hacia cada uno de los domicilios de la parroquia; en el cual se puede evidenciar problemas de calidad. En este sentido es necesario realizar estudios que permitan mejorar la calidad del agua.

Los resultados de los análisis realizados se compararan con los estándares establecidos en la Norma INEN 1108 para agua potable. De esta manera se tendrá una visión de los parámetros que se encuentren fuera de estándar.

Para los parámetros fuera de estándar realizare las investigaciones correspondientes para dar una solución adecuada y así obtener agua de calidad que garantice el consumo a cada uno de los habitantes del mencionado sector

OBJETIVOS

GENERAL

- ✓ Realizar el Diseño de un Sistema de Tratamiento de Agua para Consumo Humano de la Red N°4.

ESPECÍFICOS

- ✓ Caracterizar el agua de pozo consumida por los habitantes de la parroquia Yaruquies.
- ✓ Establecer un sistema para el tratamiento correspondiente al agua obtenida de pozos.
- ✓ Diseñar un modelo de Tratamiento de Agua para la parroquia Yaruquies
- ✓ Determinar la eficiencia de las operaciones del Sistema de Tratamiento a través de pruebas de laboratorio.
- ✓ Caracterizar el agua una vez terminada las pruebas de laboratorio.

HIPÓTESIS

Es posible demostrar por medio de la caracterización inicial del agua, que la misma presenta parámetros fuera de la norma INEN 1108; por lo cual se ve la necesidad de desarrollar un diseño de un sistema de tratamiento de agua para consumo humano de la red N° 4 de la ciudad de Riobamba, así el agua a distribuirse contara con características que salvaguarden la salud e integridad de cada uno de los consumidores.

CAPITULO I

PARTE TEÓRICA

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 GENERALIDADES DEL AGUA

Se llama agua a la unión de dos átomos de hidrogeno y uno de oxígeno al conjunto de esto se le conoce como una molécula de nomenclatura (H_2O).

El agua es la sustancia más difundida sobre la tierra, es uno de los componentes principales de la naturaleza, indispensable para la vida de todos los seres vivos e imprescindibles para la mayoría de las funciones corporales. En la naturaleza podemos encontrarla de diferentes formas las cuales son: líquida, sólida y en forma de gas o también conocida como vapor.

El agua circula naturalmente a través de los océanos, la atmosfera, lagos y ríos, glaciares y aguas subterráneas, su movilidad permite operar el ciclo del agua. La circulación constante del agua desde los océanos a la atmosfera (evaporación), desde la atmosfera a la tierra o de regreso a los océanos (precipitación), y desde la tierra a los océanos y atmosfera (evaporación y escorrentía), a esto se lo puede llamar el ciclo planetario del agua.

El agua pura es incolora, inodora, insípida, y mala conductora de la electricidad, además para que esta pueda ser aprovechada como alimento no debe tener parásitos, bacterias, virus o algún otro germen que pueda ocasionar alguna enfermedad.

Es utilizada en diferentes actividades como: uso industrial, doméstico, entre otros y dependiendo de la actividad se debe realizar el correspondiente tratamiento que garantice su utilización.

En la actualidad existen varios métodos de tratamiento de agua entre ellos tenemos el intercambio iónico, el cual se fundamenta en la utilización de resinas las cuales pueden ser catiónicas o aniónicas, con la finalidad de reducir niveles de dureza, que se encuentren fuera del límite establecido por la correspondiente norma.

1.1.1 ESTADOS DEL AGUA

En la Tierra al agua la podemos encontrar en tres estados de la materia los cuales son: sólido líquido y gas.

1.1.1.1 ESTADO SÓLIDO

El agua líquida se transforma en estado sólido o también conocido como hielo una vez que esta se enfría y la temperatura se encuentra bajo 0 grados Celsius, a esta temperatura se la denomina punto de congelación del agua. Este estado podemos evidenciar como granizo, nieve y escarcha, además en los glaciares y casquetes polares.

1.1.1.2 ESTADO LÍQUIDO

Podemos denominar agua en estado líquido a aquella que encontramos en ríos, mares, océanos, lagos, aguas subterráneas, agua de grifo entre otras. El estado en mención cubre las tres cuartas de la superficie terrestre.

1.1.1.3 ESTADO GAS

Denominamos estado gaseoso del agua cuando la temperatura de la misma se encuentra por encima de los 100 grados Celsius, ahí se evidencia su transformación en gas o vapor, a esta temperatura se la conoce como punto de ebullición, este estado podemos evidenciar en forma de niebla y en las nubes.

1.1.2 PROPIEDADES DEL AGUA

A todas aquellas características que tiene el agua, ya sea que se encuentra contaminada o no, se las conoce como propiedades del agua.

Las propiedades son aquellas características que pueden distinguir al agua de los demás líquidos.

1.1.2.1 PROPIEDADES QUÍMICAS

Dentro de las propiedades químicas del agua se puede mencionar (formula de la molécula, grado de disociación iónica, combinaciones químicas; esto gracias a que no tiene características ni ácidas ni básicas se pueden dar combinaciones como Metal + Oxígeno = Óxido, con ciertas sales para formar hidratos entre otros).

Debido a sus características moleculares el agua es un magnífico disolvente debido a que todas las sustancias de alguna manera son solubles en ella.

1.1.2.2 PROPIEDADES FÍSICAS

El agua a temperatura ambiente, es un líquido inodoro, insípido y en pequeñas cantidades incoloro; en grandes masas adopta un color azulado debido a que retiene determinadas radiaciones.

Las propiedades físicas más importantes del agua se compendian en la siguiente tabla:

TABLA 1.1.2.2 -1 PROPIEDADES FISICAS

PROPIEDAD	VALORES
Punto de Fusión	0 C
Calor latente de Fusión	79 calorías / g
Punto de Ebullición	100 C
Calor latente de evaporación	537 calorías / g
Densidad del agua líquida a 0 C	0,99987 g/ cm ³
Densidad del agua solida (hielo) a 4 C	0,917 g/ cm ³
Densidad a 4 C	1 g./ cm ³
Calor específico	1 caloría / g C

FUENTE: Enciclopedia Temática Estudiantil OCEANO ed. 1997

1.1.3 AGUAS SUBTERRÁNEAS

Parte de la lluvia que cae sobre la superficie de la tierra se filtra en el suelo y se torna en agua subterránea.

Durante el paso del agua a través del suelo, esta entra en contacto con muchas sustancias tanto orgánicas como inorgánicas. Algunas de estas sustancias son fácilmente solubles en el agua. De manera general las aguas subterráneas son claras, frías, sin color y duras.

Las impurezas que contienen esta clase de agua se eliminan de forma natural en el momento en que las mismas atraviesan las diferentes capas del suelo y subsuelo.

1.1.3.1 TIPOS DE AGUA SUBTERRÁNEA

Estas se clasifican dependiendo de su localización en relación con la naturaleza de las rocas, la disposición de los estratos permeables e impermeables del suelo y el perfil del relieve; es decir, pueden ser las siguientes:

1.1.3.1.1 REOCRENO

Se denomina así al agua que fluye inmediatamente formando un curso de agua.

1.1.3.1.2 LIMNOCRENO

Se denomina así cuando el agua pasa por un estanque antes de aflorar.

1.1.3.1.3 HELOCRENO

Cuando el agua aflora formando una ciénaga.

1.1.3.2 CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Debido a la complejidad de los factores que determinan la calidad del agua y la gran cantidad de variables utilizadas para describir el estado de los cuerpos de agua en estado cuantitativo, podemos decir que la calidad de agua subterránea se refleja en una lista de concentraciones, especificaciones y aspectos físicos de sustancias orgánicas e inorgánicas.

Dentro de estos aspectos que reflejan la calidad podemos mencionar puntualmente los siguientes: la temperatura del agua, la cantidad de sólidos disueltos, cantidad de nitratos y la ausencia de contaminantes tóxicos y biológicos.

El agua con un alto contenido de sustancias disueltas y presencia de químicos debido a la alteración de sustancias en el suelo puede tener un sabor amargo y se denomina generalmente agua dura.

Referente a la calidad de las aguas subterráneas; estas presentan condiciones más uniformes y distintas que las de las fuentes superficiales generalmente son más claras pero más mineralizadas. Son más claras porque no reciben la misma cantidad de contaminantes que se vierten a las

superficies y además en el momento que se infiltran en el terreno la mayoría del material suspendido queda retenido en el suelo.

Las aguas subterráneas son más mineralizadas debido a su gran poder para disolver los estratos del suelo, principalmente a aquellos terrenos ricos en hierro y manganeso.

1.1.3.2.1 CARACTERÍSTICAS DE UN AGUA DE BUENA CALIDAD

Los caracteres del agua que nos permiten designarla como de buena calidad van a depender directamente del uso al cual está destinada.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, podemos decir que un agua caliente y corrosiva no será útil para emplearse en la condensación de vapor. Un agua dura no puede ser utilizada en lavandería, en plantas textiles, en consumo humano, entre otros.

En lo referente a un agua destinada al consumo humano hay que tener en cuenta la turbiedad, dureza, si ha sido expuesta o no a contaminación por aguas cloacales o materias excrementicias. En general se dice que el agua que debe ser proporcionada por los servicios públicos para fines domésticos e industriales debe ser clara, agradable al gusto, de temperatura razonable, no corrosiva ni formadora de incrustaciones, exenta de sustancias minerales, los cuales pueden producir efectos fisiológicos indeseables, y de organismos que puedan producir infección intestinal.

Un agua de buena calidad es aquella a la cual se la puede denominar como un agua potable segura. Segura, ya que puede consumirse sin peligro alguno para la salud del consumidor. Potable, ya que será satisfactoria para la bebida, además de serlo en características físicas, químicas y biológicas.

1.1.3.2.2 INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA

Para poder saber que tan pura o que tan contaminada se encuentra el agua es necesario medir ciertos parámetros. Los parámetros de calidad del agua se clasifican en físicos, químicos y microbiológicos.

Existen muchos parámetros, varias formas y métodos para medir estos indicadores o parámetros de calidad.

Para la determinación de cada uno de los parámetros necesarios, se inicia tomando una muestra representativa la cual es llevada al laboratorio para posterior análisis. Los datos obtenidos de cada uno de los análisis son analizados, procesados y finalmente se convierten en un valor numérico lo cual nos permiten tener un criterio del estado en el que se encuentran las aguas en función de un rango de calidad preestablecidos en cada una de las normas correspondientes.

A. PARÁMETROS FÍSICOS

Se clasifican dentro de este grupo a aquellas sustancias que tienen incidencia directa sobre las condiciones estéticas del agua.

TABLA A-1 PARÁMETROS FÍSICOS

PARÁMETRO	CONCEPTO
Turbiedad	Se conoce así a la capacidad que tiene el material suspendido en el agua para obstaculizar el paso de la luz. Su unidad de medida es en mg/L. La turbidez se puede tratar por medio de procesos de coagulación, sedimentación y filtración
	El color que se presenta en las aguas se considera que es generado por sustancias disueltas y por los coloides, esto proveniente de la descomposición natural de la materia vegetal

Color	de las plantas (humus) y por la disolución de ciertos minerales (especialmente hierro y manganeso), presentes en el subsuelo.
Olor y Sabor	Los olores y sabores objetables se pueden deber a la presencia de compuestos orgánicos generados por la actividad de las bacterias y algas, a los desechos industriales o la descomposición de la materia orgánica. Después de un análisis de agua estos parámetros son reportados como presentes o no presentes.
Temperatura	Se le considera como el parámetro físico más importante del agua. Además de afectar la velocidad de las reacciones químicas y la viscosidad, interviene en el diseño de la mayoría de los procesos de tratamiento.
Sólidos Totales (ST)	Los ST se definen como todo material que queda después de evaporar el agua a 105 C, en si ST se considera a todo aquello presente en la muestra, excepto agua. Los sólidos totales se dividen en sólidos suspendidos (SS) y sólidos disueltos (SD). En el agua la mayoría de los sólidos se encuentran disueltos, y corresponden principalmente a sales y gases. Los SS se determinan restando los SD de los ST.
Sólidos Sedimentables	Se refiere al material que se sedimenta en el fondo de un recipiente en el transcurso de 60 min.

FUENTE: Carlos Alberto Sierra., CALIDAD DEL AGUA EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO, 2011

B. PARÁMETROS QUÍMICOS

Para mejor comprensión los parámetros químicos del agua se dividen en dos clases como son: **Indicadores** aquellos parámetros cuya concentración en el agua se debe a la presencia e interacción de varias sustancias (pH, acidez, alcalinidad) y **Sustancias químicas** como (calcio, cloruros, dureza).

TABLA B-1 PARÁMETROS QUÍMICOS (INDICADORES)

PARÁMETRO	CONCEPTO	ECUACIÓN
pH	Es el término utilizado para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o básicas del agua.	$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$
Conductividad	Es un indicativo de las sales disueltas en el agua y mide la cantidad de iones especialmente de Ca, Mg, Na, P, bicarbonatos, cloruros y sulfatos se mide en microhoms/cm o Siemens/cm	$\mu = 1/2 \sum C_i \cdot Z_i^2$
Acidez	La acidez en las aguas naturales es ocasionada por la presencia de CO ₂ o la presencia de un ácido fuerte (H ₂ SO ₄ , HCl). Los resultados se expresan en mg/L.	
Alcalinidad	Se entiende como la capacidad que tiene el agua para neutralizar los ácidos. Suma de las concentraciones de los iones carbonato (CO ₃ ²⁻), bicarbonatos (HCO ₃ ⁻) e hidróxidos (OH ⁻), efecto tapón	$\text{TAC} = [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{OH}^-]$

FUENTE: Carlos Alberto Sierra., CALIDAD DEL AGUA EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO, 2011

TABLA B-2 PARÁMETROS QUÍMICOS (SUSTANCIAS QUÍMICAS)

PARÁMETRO	CONCEPTO
Calcio	Son la causa más frecuente de la dureza y afectan vitalmente las propiedades incrustantes y corrosivas de un agua.
Cloruros	Son una medida indirecta de contaminación de origen orgánico humano, así como de la presencia de sales ionizables.
Dureza	Las aguas duras imposibilitan el efecto adecuado de jabones en las aguas de uso doméstico. Sus valores altos ocasionan incrustación y corrosión en las tuberías o equipos metálicos industriales.

Magnesio	El contenido de dureza está asociado al contenido de magnesio, la formación de incrustaciones y propiedades corrosivas del agua.
Sulfatos	Los sulfatos en el momento que se mezclan con iones de calcio y magnesio en aguas de consumo humano, producen un efecto laxante.
Nitritos y Nitratos	Especie derivada del Nitrógeno su concentración se relaciona con la posterior aparición de algas
Hierro	Las aguas que tienen altos contenidos de este metal, al entrar en contacto con el aire se puede precipitar originando sólidos sedimentables, y coloración de las aguas.

FUENTE: Carlos Alberto Sierra., CALIDAD DEL AGUA EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO, 2011

C. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

TABLA C-1 PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETRO	CONCEPTO
Coliformes Totales	La presencia de este contaminante indica que el agua se encuentra contaminada con materia orgánica de origen fecal, ya sea por humanos o por animales.
Coliformes Fecales	Indican indirectamente del riesgo potencial de contaminación con bacterias o virus de carácter patógeno, debido a que esta clase de coliformes siempre se los encuentra en las heces humanas y de los animales.

FUENTE: Carlos Alberto Sierra., CALIDAD DEL AGUA EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO, 2011

1.2 TRATAMIENTO DE AGUAS

1.2.1 INTERCAMBIADORES IÓNICOS

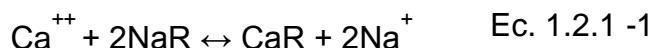
El intercambio iónico corresponde a una operación en la cual se considera principalmente el intercambio de iones que se encuentran presentes en una

solución contaminada, y los iones que se encuentran en un sólido en este caso sería la resina.

En el momento que se pone en contacto un sólido (resina), de estas características con una especie iónica en disolución, el intercambio se produce hasta alcanzar un equilibrio dinámico en el que la distribución de iones entre el sólido y el líquido permanecen constantes. En este proceso debe existir un equilibrio entre las cargas que salen con las que entran.

Los intercambiadores iónicos son materiales sólidos insolubles que en su composición tienen aniones o cationes los cuales tienen la generalidad de intercambio en su superficie externa e interna. Si los iones que se intercambian son cationes se denominara un intercambiador catiónico y si los iones son aniones se los llamara intercambiadores aniónicos.

La reacción que tenemos en el ablandamiento del agua, es ejemplo de intercambio catiónico.



Donde:

R = Lugar estacionario aniónico.

1.2.1.1 RESINAS DE INTERCAMBIO IÓNICO

Las resinas comúnmente constan de una matriz de polímero en la que están enlazados unos grupos de cargas. Las que poseen sitios de cargas negativas son intercambiadores de cationes ya que retienen iones cargados

positivamente; en el caso que poseen sitios de cargas positivas son intercambiadores de aniones puesto que retienen iones cargados negativamente.

En el caso del ablandamiento del agua, resultan de mayor interés los lechos de resina catiónica de ácido fuerte (RCF) del tipo sulfonado, los cuales operan en un amplio rango de pH. Durante las reacciones producidas en el ablandamiento por intercambio iónico, los iones de sodio de la resina son intercambiados por los iones de dureza, tanto carbonácea, como no carbonácea, hasta el agotamiento de la resina.

1.2.1.1.1 TIPOS DE RESINAS DE INTERCAMBIO IÓNICO

En su mayoría las resinas empleadas en la actualidad son de tipo sintético, las cuales se basan en un copolímero de estireno – divinilbenceno el cual se encuentra tratado apropiadamente para adicionarle los grupos funcionales. La sulfonación da lugar a resinas catiónicas y la aminación a resinas aniónicas.

Las resinas de intercambio iónico pueden ser de los siguientes tipos:

- ✓ Resinas catiónicas de ácido fuerte (RCF)
- ✓ Resinas catiónicas de ácidos débiles (RCD)
- ✓ Resinas aniónicas de bases fuertes (RAF)
- ✓ Resinas aniónicas de base débil (RAD)

A. RESINAS CATIÓNICAS DE ÁCIDO FUERTE

Este tipo de resinas están destinadas a aplicaciones de ablandamiento de agua; son capaces de eliminar todos los cationes contenidos en el agua.

La velocidad de intercambio es rápida y da poca fuga iónica, su durabilidad puede alcanzar los 20 años o más.

La regeneración de la resina, se produce cuando se lava durante un período, con una solución concentrada de cloruro de sodio (NaCl), produciéndose la reacción del ión cloruro con el calcio (CaCl_2) el cual sale de la resina a través de la solución, mientras que el sodio regenera a la resina para un próximo ciclo.

TABLA 1.2.1.1.1-1 TIPOS DE RESINA

TIPO DE RESINA	CAPACIDAD UTIL (eq/L)	REGENERANTES (%)
RCF (abland)	1-1,5	ClNa (10)
RCF (desmán)	1-1,5	ClH (4-10)
	-	SO ₄ H ₂ (1 - 8)
RCD	1 - 2,2	ClH (4)
	-	SO ₄ H ₂ (0,8)
RAF (tipo I)	0,4-0,7	NaOH (3,5)
RAF (tipo II)	0,5- 0,8	NaOH (3,5)
RAD	0,8 – 1,2	NaOH (1- 4)

FUENTE: Rigola.L. Miguel. TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES.

1.2.1.1.2 PROPIEDADES DE LAS RESINAS INTERCAMBIADORAS DE IONES

A. GRANULOMETRÍA

Se realiza el análisis granulométrico con el objeto de poder determinar la composición por tamaño de un determinado molino, gránulos o pulverulento, los resultados se expresan en tablas o diagramas granulométricos.

El análisis granulométrico nos permite además identificar si contamos con una resina **fina** la cual posee una buena capacidad útil, pero como

desventaja una pérdida de carga elevada, y un exceso de partículas finas pueden ocasionar que se bloqueen los colectores. Por el contrario una resina **gruesa** es más sensitiva a los choques osmóticos y su cinética es más lenta por lo cual tendremos una capacidad menor.

✓ **FORMULAS DE CÁLCULO:**

$$Ca = C_r + C_{r-1} \quad \text{Ec. A-1}$$

Donde:

Ca = Cantidad acumulada.

Cr = Cantidad retenida en el tamiz.

C_{r-1} = Cantidad retenida en el tamiz anterior.

$$Ca(pt) = 200 - Ca \quad \text{Ec. A-2}$$

Donde:

Ca (pt) = Cantidad acumulada que pasa por el tamiz.

Ca = Cantidad acumulada.

$$\%C = \frac{Ca(pt)}{200} * 100 \quad \text{Ec. A-3}$$

Donde:

%C = porcentaje de cernido.

Ca (pt) = Cantidad acumulada que pasa por el tamiz.

✓ **DIAGRAMA GRANULOMÉTRICO**

Una vez realizado el ensayo de granulometría en el laboratorio y contando con los datos necesarios se procede a construir el diagrama; comúnmente en un papel logarítmico. Este diagrama nos permitirá conocer datos importantes acerca de la resina a utilizarse.

Una vez que obtenemos los datos de porcentaje de partículas retenidas acumuladas y el número de malla, con la tabla de análisis granulométrico procedemos a realizar el siguiente gráfico.

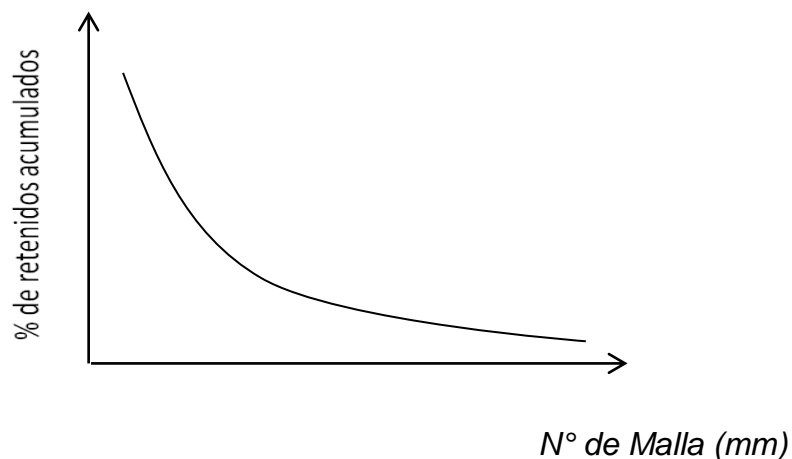


Fig A-1. DIAGRAMA GRANULOMÉTRICO

FUENTE: Mc. CABE – SMITH – HARRIOTT, OPERACIONES UNITARIAS
INGENIERIA QUIMICA, Sexta edición.

✓ **TÉCNICAS Y APARATOS DE MEDICIÓN GRANULOMÉTRICA.**

Las características granulométricas se pueden determinar utilizando los siguientes métodos: El análisis por tamizado o cribado, análisis por medio del microscopio, y pruebas de sedimentación.

✓ ANÁLISIS POR TAMIZADO O CRIBADO

El objetivo de cribado o tamizado es separar las distintas fracciones que componen un sólido granular o pulverulento, por el diferente tamaño de sus partículas para esto se utilizan los equipos denominados tamices o cribas.

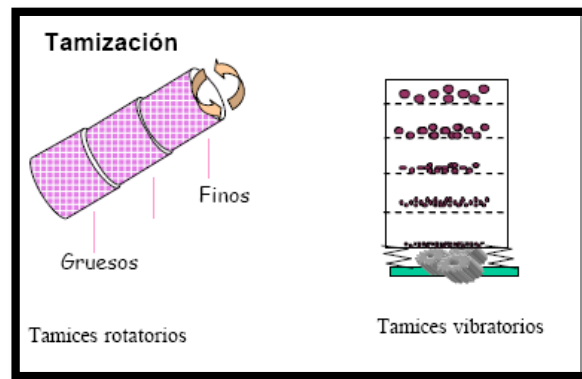


Fig A-2 TAMICES ROTATORIOS Y VIBRATORIOS

FUENTE: Blandón, S. Operaciones Mecánicas en los Procesos Agroindustriales, 2008

Un tamiz es considerado como una superficie que presenta agujeros. El sólido y el tamiz deben estar en movimiento relativo para que se pueda dar la operación de tamizado, gracias al movimiento se puede verificar que las partículas que tienen un diámetro menor a la del tamiz lo atraviesan.

B. PESO ESPECÍFICO

El peso específico es conocido, como el peso de la muestra sobre el volumen de la misma.

✓ FORMULA DE CÁLCULO:

$$S = \frac{Pm}{Vm} \quad \text{Ec. B-1}$$

Donde:

S = Peso específico.

Pm = Peso de la muestra.

Vm = Volumen de la muestra.

C. POROSIDAD

La porosidad de la resina se debe determinar como un valor estimado para los diferentes cálculos, debido a que en la práctica el valor de la porosidad no se vuelve constante a consecuencia que se ve influenciada por la velocidad de lavado y con la sedimentación de las partículas cuando se ve interrumpido o suspendido el flujo de agua.

La porosidad en porcentaje será igual a:

✓ **FORMULA DE CÁLCULO:**

$$\varepsilon = \frac{V_v}{V_m} * 100 \quad \text{Ec. D-1}$$

Donde:

ε = Porosidad.

Vv = Volumen de los vacíos.

Va = Volumen de la muestra.

El volumen de vacíos puede hallarse por la diferencia entre el volumen medido en el cilindro graduado, (volumen total) menos el volumen de la muestra, (esta se calcula como el peso de la muestra dividido para el peso específico de la muestra).

D. DENSIDAD REAL (MASA VOLÚMICA DE LAS PARTÍCULAS DE RESINA)

La densidad real es una propiedad de importancia en el momento de operación de una planta. La medida de densidad real se hace utilizando un picnómetro. Se debe conocer que la densidad varía con la composición iónica, debido a que la composición varía durante el ciclo.

$$\rho a = \frac{Pm}{Vw*(\Delta L)} \quad \text{Ec. E-1}$$

Donde:

ρa = Densidad real de la resina.

Pm = Peso de la muestra de resina.

Vw = Volumen de agua.

ΔL = Diferencia de la lectura en la probeta.

1.2.1.1.3 REGENERACIÓN DE LA RESINA

Después de que la resina se encuentra saturada (con el calcio y el magnesio que ha removido del agua ya tratada), es necesario regenerar esta.

Hay dos métodos principales de regeneración:

- ✓ Regeneración en co-corriente.
- ✓ Regeneración en contra corriente.

A. REGENERACIÓN EN CO-CORRIENTE (CFR)

En esta etapa el fluido a tratar se lo hace pasar desde arriba hacia abajo y de igual manera en la etapa de regeneración. Se considera que esta regeneración no es la mejor ya que las resinas fuertemente ácidas y fuertemente básicas no se convierten totalmente.

Las capas de resina que se encuentran en la parte superior de la columna se convertirán muy bien, mientras que la resina que se encuentra en la parte inferior se considera que estará mal regenerada.

Debido al desfase de conversión que existe en la parte inferior, provocara inconvenientes en una siguiente etapa de agotamiento ya que la fuga iónica será alta a consecuencia de los iones que no han sido eliminados, estos son desplazados por iones H^+ e OH^- , resultantes de la producción del intercambio en la parte superior.

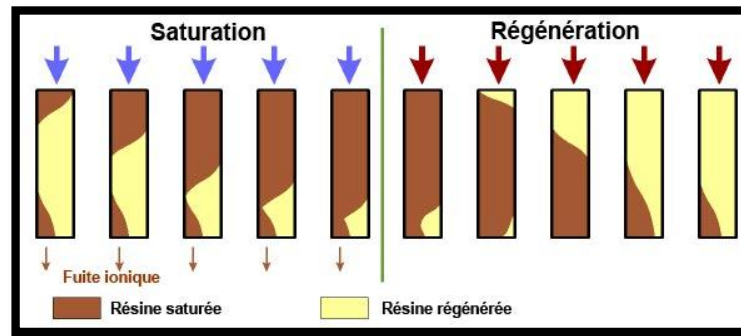


Fig A-1 REGENERACIÓN EN CO-CORRIENTE

FUENTE: www.dardel.info/IX/processes/regeneration

La zona oscura de la figura representa la proporción de resina agotada y la zona amarilla clara la de resina regenerada.

La figura siguiente muestra lo que quiero decir: por ejemplo, al nivel A en la columna, la resina está 50% agotada y 50% regenerada. Por encima de la zona de intercambio, la resina es totalmente agotada, y por debajo, totalmente regenerada (en esta figura).

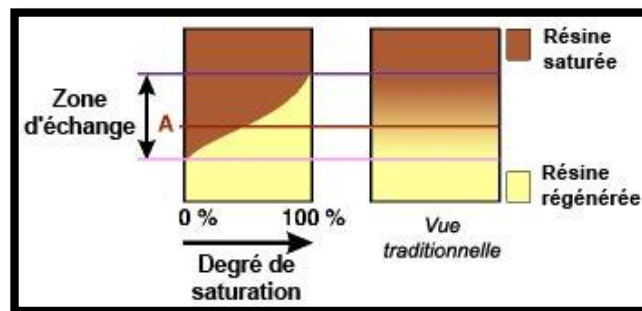


Fig A-2 DIAGRAMA DE ZONA AGOTADA VS ZONA REGENERADA DE LA RESINA

FUENTE: www.dardel.info/IX/processes/regeneration

En este tipo de regeneración la medida que se debe tomar para reducir la fuga iónica que se presenta, es aumentar la cantidad de regenerante ya que

esto ocasionaría tener bajos niveles de resina agotada en la parte inferior de la columna al final de la regeneración.

B. REGENERACIÓN EN CONTRA-CORRIENTE (RFR)

También se le conoce o identifica como regeneración en flujo inverso. La solución para la regeneración ingresara a la columna en el sentido opuesto en el que ingreso el agua a tratarse, se conoce dos técnicas de este tipo de regeneración:

- ✓ El agua a tratar (agotamiento), ingresara de arriba hacia abajo, mientras que la fase de regeneración, la solución ingresara en dirección de abajo hacia arriba.
- ✓ El agua a tratar (agotamiento), ingresara de abajo hacia arriba, mientras que la fase de regeneración, la solución ingresara en dirección de arriba hacia abajo. Esto se tendrá en sistemas de lechos flotantes.

En los casos existentes de regeneración en contra-corriente los iones cargados que se encuentran en la resina no podrán ser empujados a través de todo el lecho por acción del regenerante.

Las capas que se regenerarán primero son aquellas que se encuentran poco agotadas, por consiguiente tendrán un buen grado de conversión en la siguiente fase de agotamiento.

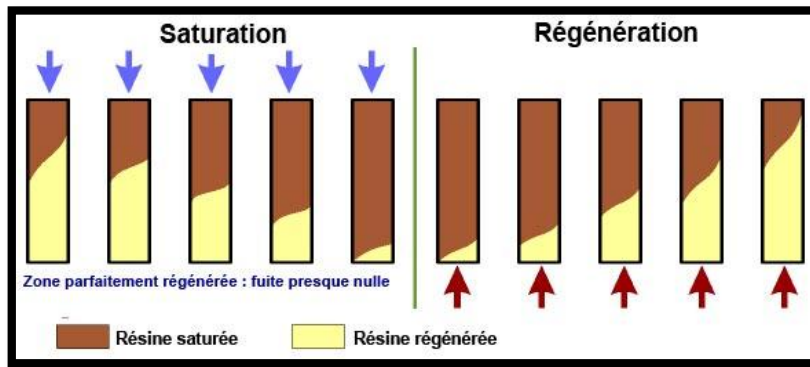


Fig B-1 REGENERACIÓN EN CONTRA-CORRIENTE (DE ABAJO HACIA ARRIBA)

FUENTE: www.dardel.info/IX/processes/regeneration

Lo mismo en el caso de agotamiento de abajo arriba y regeneración de arriba abajo (lechos flotantes):

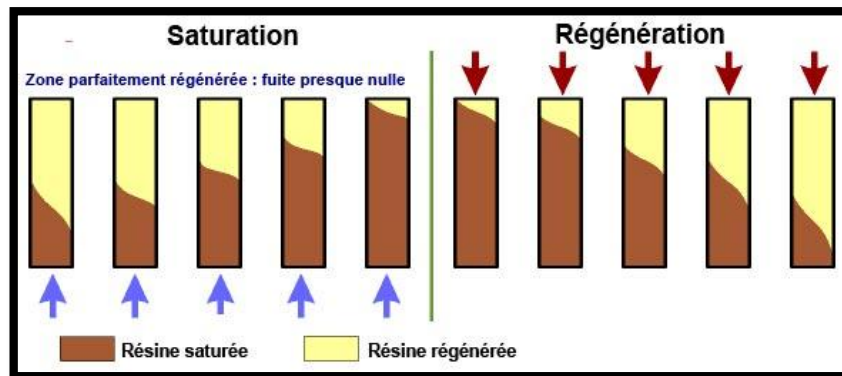


Fig B-2 REGENERACIÓN EN CONTRA-CORRIENTE (DE ARRIBA HACIA ABAJO)

FUENTE: www.dardel.info/IX/processes/regeneration

Las ventajas de este tipo de regeneración son:

- ✓ Al ser la fuga iónica pequeña la solución o el agua a tratar tendrá una mejor calidad que en la regeneración en co- corriente.

- ✓ La cantidad de regenerante que se utilizara será menor, esto debido a que no se requiere que los iones contaminados sean empujados a través de todo el lecho de resina.

1.2.2 ABLANDAMIENTO DEL AGUA

El ablandamiento es el proceso que tiene la finalidad de remover del agua ciertas sustancias minerales, las cuales causan la dureza en el agua.

Si el agua contiene más minerales (calcio y magnesio), que un agua normal se la denomina agua dura. La característica de un agua dura se ve reflejada en la mala disolución de los detergentes en el momento de contacto con la misma y por ocasionar taponamiento en las líneas de tubería.

La dureza que presentan las aguas puede ser adquirida cuando estas pasan a través de las formaciones de rocas que contengan elementos que la producen.

Según el grado de dureza las aguas se clasifican de la siguiente forma:

TABLA 1.2.2-1 CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS DE ACUERDO A LA DUREZA

RANGO mg/L CO₃Ca	CATEGORÍA
0- 75	Blanda
75-150	Moderadamente dura
150-300	Dura
> 300	Muy dura

FUENTE: RICHTER & AZEVEDO NETTO. Calidad y Caracterización del Agua (1991)

La Norma NTE INEN 1108, relativa a los requisitos de agua potable, aplicable a los sistemas de abastecimiento público, establece como límite máximo de la dureza total un valor de 200 mg/L CO_3Ca .

El procedimiento de ablandamiento es de vital importancia en la potabilización del agua, para de esta manera evitar atascos de tuberías, enfermedades en los consumidores, y complicar la disolución de detergentes en el agua. Los ablandadores en su mayoría eliminan los iones de calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}), estos pueden ser operados de forma automática, semiautomática o manualmente.

1.2.3 FILTRACIÓN DEL AGUA

El proceso de filtración es aquel en el que se produce la separación de sólidos en suspensión existentes en un líquido mediante un medio poroso, que retiene los sólidos y permite el paso del líquido.

La filtración puede darse de maneras distintas así tenemos los más conocidos y utilizados en plantas potabilizadoras:

- ✓ Filtros lentos (baja carga superficial)
- ✓ Filtros rápidos (alta carga superficial)
- ✓ Filtros compuestos de medios porosos (pastas arcillosas, papel de filtro).
- ✓ Filtros compuestos de medios granulares (arena, antracita, granate o combinados).
- ✓ Filtros de carbón activado

Un filtro puede trabajar bajo presión o por gravedad, esto en dependencia de la carga hidráulica que tendrá que soportar el medio filtrante.

TABLA 1.2.3 – 1 CLASIFICACIÓN DE LOS FILTROS

Según la Velocidad de Filtración	Según el medio filtrante usado	Según el sentido de flujo	Según la carga sobre el lecho
Rápidos 120-360 m ³ /m ² /día	1. Arena h= 60-75 cm	Ascendente	Por gravedad
	2. Antracita h= 60-75 cm	Descendente	Por presión
	3. Mixtos: Antracita (50-60cm) y arena de (15 -20 cm)	Flujo Mixto	
	4. Mixtos: arena, antracita y granete	Flujo Mixto	
Lentos 7 - 14 m ³ /m ² /día	1. Arena h= 60-75 cm	Descendente Ascendente	Por gravedad

FUENTE: www.bvsde.ops-oms.org

1.2.3.1 FILTROS LENTOS DE ARENA

Según el Ing. Luis Pérez Farras menciona en su libro de Hidráulica Aplicada publicado en el 2005; que básicamente, un filtro lento de arena consta de un tanque que contiene una capa sobrenadante de agua cruda, lecho filtrante de arena, drenaje y un juego de dispositivos de regulación y control, el cual debe estar libre de arcilla y materia orgánica para que este cumpla un función adecuada.

Para la selección del criterio de diseño el medio filtrante debe estar compuesto por granos duros y redondeados, el diámetro efectivo de la arena debe ser del orden de 0,15 a 0,85 mm, la velocidad de filtración no debe sobrepasar los 0,35 m/s, el número de unidades será de uno o dos en la planta, la altura del lecho de arena debe estar entre 0,1 a 1,0 m.

1.2.3.2 FILTROS COMPUESTOS DE CARBÓN ACTIVADO

Se lo denomina **carbón**, por ser una materia carbonizada la cual puede ser de origen vegetal o mineral y **activado** debido a que toda su materia posee propiedades adsorbentes. Entendiéndose como adsorción la capacidad para que el material removido se adhiera de manera física o químicamente a la superficie del material, sin penetrar en su estructura física.

La efectividad del carbón activado para remoción de compuestos se basa principalmente en el área o superficie amplia que se encuentra disponible para que se dé la interacción de las moléculas del compuesto que se ha de adsorber

Los filtros de carbón son utilizados en muchos campos así por ejemplo en las industrias azucareras, en farmacéutica, en el tratamiento de aguas, para poder proporcionar un agua de calidad sin sólidos y con un buen sabor. Otro de sus ventajas es la facilidad y rapidez con que se puede realizar la limpieza del lecho filtrante.

La American Water Works Association (AWWA) establece estándares para el carbón activado que se utiliza en el filtro de carbón activado y tiene las siguientes características:

- ✓ **Color:** negro
- ✓ **Densidad:** 33 libras por pie cúbico
- ✓ **Tamaño:** 0,55 a 75,00 milímetros

Estas características han sido aprobadas por ANSI/NSF 61



Fig. 1.2.3.2-1 CARBÓN ACTIVADO

Fuente: Manual American Water Works Association., AGUA SU CALIDAD Y TRATAMIENTO, 1968

FORMULAS DE CÁLCULO

✓ NÚMERO DE FILTROS

En plantas pequeñas el número de filtros es de uno a dos, si existiese suficiente almacenamiento de agua tratada para el lavado del filtro. En plantas grandes es de cuatro. El tamaño máximo de cada filtro dependerá principalmente de la tasa del lavado, del diseño estructural y de la reducción de la capacidad filtrante de la planta. Morril y Wallace en 1934 sugirieron la siguiente ecuación para el correspondiente cálculo.

$$N = 0,044 \sqrt{Q} \quad \text{Ec.1.2.3.1-1}$$

Donde:

Q = caudal

✓ ÁREA SUPERFICIAL

El área de la unidad (As) es en función de la velocidad de filtración (Vf), del caudal (Q), del número de unidades de turnos de operación (C) y del número de unidades (N), por lo que se tiene:

$$As = \frac{(Q * C)}{(N * Vf)} \quad \text{Ec.1.2.3.1-2}$$

Pero como estos deben operar continuamente el área de la unidad será igual:

$$As = \frac{Q}{(N * Vf)} \quad \text{Ec.1.2.3.1-3}$$

Donde:

As: Área superficial (m²)

Vf: Velocidad de filtración (m/h)

Qd: Caudal de diseño (m³/h)

N: Número de filtros

✓ **COEFICIENTE MÍNIMO DE COSTO**

El coeficiente mínimo de costo representa un parámetro importante en el dimensionamiento del filtro lento y esta expresado en función a la relación entre el número de unidades:

$$K = \frac{(2 * N)}{(N + 1)} \quad \text{Ec.1.2.3.1-4}$$

Donde:

K: Coeficiente de mínimo costo

N: Numero de filtros

✓ **LONGITUD Y ANCHO**

Para poder obtener la longitud y ancho del filtro se conoce que la fórmula de Manning menciona que:

$$A_s = L * K \quad \text{Ec.1.2.3.1-5}$$

$$L = N * K \quad \text{Ec.1.2.3.1-6}$$

$$A_s = N * A_s \quad \text{Ec.1.2.3.1-7}$$

Reemplazando estas ecuaciones se puede obtener:

La longitud del filtro

$$L = (A_s * K)^{1/2} \quad \text{Ec.1.2.3.1-8}$$

Donde:

L: Longitud de unidad (m)

A_s: Área superficial (m²)

K: Coeficiente de mínimo costo.

El ancho del filtro

$$b = \left(\frac{A_s}{K} \right)^{1/2} \quad \text{Ec.1.2.3.1-9}$$

Donde:

b: Ancho de unidad (m)

A_s: Área superficial (m²)

K: Coeficiente de mínimo costo

✓ PÉRDIDA PRODUCIDA POR EL LECHO

Las pérdidas del lecho estarán en función de la densidad y la porosidad del lecho.

$$h_l = (\rho - 1) * (1 - P_o) * H \quad \text{Ec.1.2.3.1-10}$$

Donde:

ρ = Densidad.

h_l = Pérdida del lecho.

P_o = Porosidad del lecho.

H = altura del lecho.

1.2.4 POTABILIZACIÓN DE AGUA

La potabilización del agua se efectúa por la importancia que tiene en la vida humana, sobre todo por su uso para alimentación, pero no toda agua puede ser utilizada para esta finalidad sino solo aquella que reúne las condiciones necesarias para no ser nociva a la salud por consiguiente el agua deber ser potable.

Es potable aquella agua límpida, incolora, de sabor agradable, libre de bacterias peligrosas, y sin una cantidad excesiva de sales disueltas y que tenga la facilidad para disolver los detergentes.

La pureza y potabilización del agua es una exigencia higiénica sea que se utilice como bebida o sirva para el aseo. Para cumplir con estas exigencias el agua antes de llegar a los domicilios para ser consumida es necesario que atraviese la fase de tratamiento en una planta potabilizadora, es aquí donde el líquido se limpia y en general se trata hasta que tenga los parámetros necesarios para que se la pueda destinar al consumo humano.

La siguiente etapa que se cumple una vez que el agua atraviesa la planta potabilizadora es enviarla a cada uno de los domicilios a través de una red de tuberías o red de distribución.

Para elegir el tratamiento adecuado que se le debe dar al agua se debe conocer principalmente lo siguiente:

- ✓ Fuente de abastecimiento: agua de tipo subterráneo (pozos, vertientes) o agua de tipo superficial (ríos, torrentes, lagos, mares)
- ✓ Los componentes o impurezas a eliminar.
- ✓ Parámetros de calidad.
- ✓ Grados de tratamientos de agua.

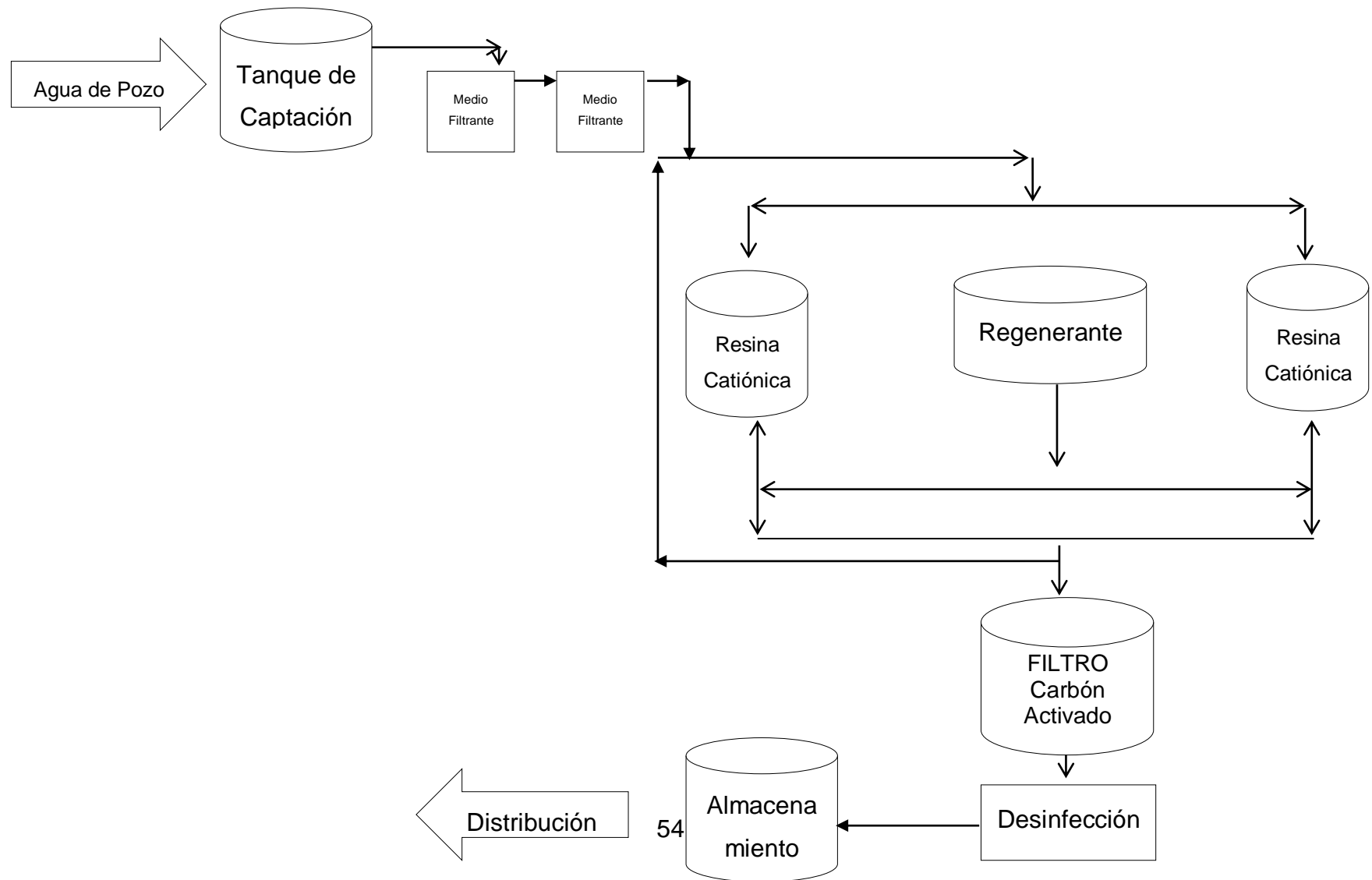
Una vez identificado los ítems mencionados anteriormente, se debe realizar una lista de los probables procesos unitarios necesarios para la potabilización del agua en función de los componentes encontrados en la tabla siguiente encontraremos los que comúnmente se utiliza.

TABLA 1.2.4 – 1 PROCESOS UNITARIOS POSIBLES A LLEVAR A CABO EN FUNCIÓN DE LOS CONTAMINANTES PRESENTES.

TIPO DE CONTAMINANTE	OPERACIÓN UNITARIA
Sólidos Gruesos	Desbaste
Partículas Coloidales	Coagulación + Floculación + Decantación
Sólidos en Suspensión	Filtración
Materia Orgánica	Afino con carbón activado
Amoniaco	Cloración al Breakpoint
Gérmenes Patógenos	Desinfección
Metales no deseados (Fe,Mn)	Precipitación por oxidación
Sólidos disueltos (Cl-, Na+,K+)	Ósmosis inversa

FUENTE: Calidad y tratamiento del agua, 2002. American Water Works Association

1.2.4-1 DIAGRAMA DE ETAPAS DEL MODELO DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA



1.2.4.1 CAPTACIÓN

El agua es transportada desde su fuente hacia el lugar de tratamiento. Las condiciones en las que se recogen las aguas subterráneas (pozo), no deben modificar las propiedades físicas, la composición o la calidad del agua antes de que se someta a tratamiento.

1.2.5.2 FILTRACIÓN

El propósito de la filtración es retener las impurezas mayores que se puedan presentar, se estima que la retención de partículas disueltas llegue a un 65 a 70 por ciento.

Los componentes de los filtros serán: arena, grava, y piedra entre cuyos poros se depositan las pequeñas impurezas.

El requerimiento en esta etapa es que el agua captada ingrese al filtro por la parte superior, atraviese los componentes del filtro por efecto de la gravedad.

Posterior a la etapa de ablandamiento, se instalara un filtro de carbón activado para mejorar la eficiencia de reducción de material particulado del proceso de filtración y ablandamiento. Se utilizara carbón activado por su gran capacidad de adsorción, facilidad de limpieza del lecho filtrante y buena capacidad de regeneración del mismo.

El modo de operación es muy práctico, se introducirá el agua por la parte superior de una columna diseñada con un filtro que contenga carbón activado, mediante la acción de la gravedad circulara a la parte inferior de la cual se extraerá el agua por un drenaje. Durante el proceso en el lecho se acumularan sustancias que en un cierto tiempo se las debe retirar.

1.2.4.3 ABLANDAMIENTO

El ablandamiento del agua es la técnica que se realiza a toda agua dura, para eliminar los iones Ca^{+2} y Mg^{+2} presentes en la misma, y que le dan la característica de ser dura.

Las columnas de intercambio iónico serán cilindros de acero a presión construidas para proporcionar lo siguiente:

- ✓ Un buen sistema de alimentación y distribución del regenerante,
- ✓ Un apropiado soporte al lecho incluyendo distribución de agua de retrolavado y recolección del agua ablandada; y
- ✓ Suficiente espacio encima del medio del lecho de resina para permitir la expansión esperada del lecho durante el retrolavado.

Adicionalmente, el recipiente debe estar revestido de forma que se eviten problemas de corrosión resultantes de las soluciones salinas concentradas para la regeneración de la resina.

La resina que se ha considerado es de tipo catiónico cuya utilización es ampliamente difundida en el medio del ablandamiento del agua, cuyas principales propiedades se resumen en la tabla a seguir.

**TABLA 1.2.4.3-1 CARACTERÍSTICAS DE RESINAS
COMERCIALES, REFERENCIAS PARA EL DISEÑO**

TIPO SAC	Resina de intercambio catiónico de ácido fuerte
	Strong Acid Cation Exchange Resin
USO	Ablandamiento de Agua
Use	Water Softening
MATRIZ	Copolímero de Estireno Divinilnbenzeno
Matrix	Styrene divinylbenzene copolymer
GRUPOS FUNCIONALES	Acido Sulfonado
Funtional Groups	Sulfonic Acid
FORMA IONICA	Sodio (Na)
Ionic Form	Sodium
CAPACIDAD TOTAL DE INTERCAMBIO	2,0 eq/L - CaCO ₃ (Na ⁺ forma)
TOTAL EXCHANGE CAPACITY MIN	43,7 Kg/ft3 - Ca CO ₃ (Na ⁺ Form)
PROPIEDADES FISICAS	
TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS	500 a 800 MICRONES
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD MAXIMA	1,1 - 1,9
DENSIDAD DE LAS PARTICULAS	1,28 gm/L
CONDICIONES DE OPERACIÓN	
TEMPERATURA DEL AGUA	6 °C a 30 °C
REGENERANTE	8% a 12% Na Cl
CONSUMO DE AGUA DE LAVADO	2 - 5 veces volumen de resina
RINSE REQUIREMENT	2- 5 Bed Volumens

1.2.4.4 DESINFECCIÓN

Una vez que el agua fue ablandada, y se realizó el tratamiento de nitratos pasa a la reserva, donde se desinfecta según distintos métodos.

La técnica a utilizar para la desinfección es la utilización de cloro gas. Este desinfectante químicamente se le considera como un buen oxidante, capaz de matar agentes patógenos en caso de existencia. Para su efectividad se necesita que el cloro tenga un contacto con el agua al menos por un tiempo de 30 minutos, antes de que se dé la correspondiente distribución.

El agua que es distribuida a cada uno de los domicilios debe ser analizada periódicamente para garantizar que durante el recorrido por las tuberías de distribución no haya aparecido algún contaminante y de esta manera pueda cumplir con la normativa correspondiente.

1.2.4.5 DISTRIBUCIÓN

El agua se distribuye a cada uno de los domicilios por medio de la red de distribución las cuales son ramificaciones de tuberías instaladas en las calles de la parroquia, las que llevan cierta cantidad de agua a una determinada presión. La alimentación proviene del tanque de desinfección. La función final de la red es entregar el agua de calidad a los usuarios, a través de conexiones domiciliarias.

1.3 NORMATIVA AMBIENTAL

TABLA 1.3-1 NORMAS EN LAS QUE SE BASA EL ANÁLISIS DE AGUA Y EL DISEÑO DE TRATAMIENTO

DESCRIPCIÓN	OBJETIVO	ALCANCE	REQUISITOS	PAÍS
NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1108: 2010	Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.	Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimientos públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Características Físicas e Inorgánicas: Anexo 1. ✓ Requisitos Microbiológicos: Anexo 2 ✓ Análisis Microbiológico en la Red de distribución de Agua Potable: Anexo 3 	ECUADOR
NORMA RAS 2000	Realizar un diagnóstico completo de las normas técnicas para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de	Desarrollo de las normas técnicas que definieran los requerimientos básicos para el sector de agua potable y saneamiento básico	FILTRACIÓN: Título C.7	COLOMBIA
			Tipo de Filtro: Filtro rápido de flujo descendente ABLANDAMIENTO: Título C. 9	

	abastecimiento de agua potable y saneamiento básico	en Colombia	DESINFECCIÓN: Título C.8 Desinfectante: Cloro Gas Equipo: Clorador Tipo Directo	
--	---	-------------	--	--

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana INEN 11-08 y Norma RAS 2000.

NOTA: Referente al diseño de tratamiento se ha tomado como base los parámetros establecidos en la Norma Ras 2000 Título C del país de Colombia, en vista que no existe en el Ecuador norma alguna que establezca parámetros para diseños de plantas potabilizadoras.

CAPITULO II

PARTE

EXPERIMENTAL

CAPITULO II

PARTE EXPERIMENTAL

2.1 ANÁLISIS DE AGUA

Este trabajo se basa en los correspondientes análisis físicos químicos y microbiológicos del agua proveniente del pozo “El Estadio”, ubicado en la parroquia Yaruquíes perteneciente a la ciudad de Riobamba, la misma que es utilizada para consumo humano de los habitantes del lugar. Los análisis se realizaron en base a la norma INEN 1108 para agua potable.

Los análisis se los realizó para poder verificar la calidad, ya que al tratarse de agua para consumo humano no debe estar contaminada, y así no provocar alteraciones en la salud de los consumidores.

La determinación de las características del agua se obtuvo mediante muestreos periódicos, cada una de estas muestras se sometieron a los diferentes análisis requeridos en el Laboratorio de Análisis Técnicos Facultas de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Una vez obtenidos los resultados de cada una de las muestras de agua que requieren tratamiento se realiza los cálculos y el diseño más óptimo del Sistema de Tratamiento.

2.1.1 MUESTREO

El muestreo es la actividad de recolección de una pequeña cantidad del volumen total del agua, en esta porción se ve representada la calidad y las características de la masa volumétrica de la cual se extrae la muestra.

Para la recolección de muestras no se puede dar una regla general, ya que la metodología a aplicarse depende siempre de los objetivos del muestreo y análisis, las condiciones geográficas y otros factores más.

Para tener una muestra que nos garantice resultados confiables y de calidad, el muestreo se debe realizar directamente de la fuente de agua, lo más importante es tratar que la muestra sea homogénea y representativa, para que en la misma se pueda realizar la totalidad de los análisis que se requieren, su transportación debe ser fácil hacia su destino de análisis (laboratorio); y por sobre todo tener cuidado de contaminación externa en la extracción para que no se modifiquen las propiedades del agua a analizar.

2.1.1.1 PROCEDIMIENTO GENERAL DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

2.1.1.1.1 ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS

Generalmente en un análisis físico químico es necesario tener al menos dos litros de agua para realizar la totalidad de análisis. La muestra debe ser tomada en un envase de vidrio preferentemente o en envase de plástico.

Como regla general los envases que contendrán la muestra deben estar perfectamente limpios, y verificar que su tapa sea la correcta que una vez que se cierre el envase no exista salida del líquido ni la entrada de algún contaminante.

En el momento de recolección la acción debe ser rápida, se destapa el recipiente, se recolecta la muestra y una vez lleno se tapa de inmediato teniendo en cuenta que en el interior no existan cámaras de aire.

Para enviar al laboratorio se lo debe hacer lo más pronto posible para que no sufra alteración alguna al momento de análisis, cuanto menor sea el tiempo transcurrido desde la toma hasta el envío al laboratorio, más exactos serán los resultados obtenidos, el envase debe ir claramente identificado.

La identificación deberá incluir:

- ✓ Nombre de la persona quien realizó el muestreo.

- ✓ Solicitante.
- ✓ Fecha y hora de muestreo.
- ✓ Lugar de procedencia.
- ✓ Análisis requeridos.
- ✓ Fuente de provisión, (pozo, rio, lago, etc.)

2.1.1.1.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Cuando se requiere de un análisis microbiológico, los envases a utilizar para recolección de la muestra deben ser estériles, y se los puede conseguir en las farmacias.

En el momento de muestreo se debe tener el mayor cuidado posible, ya que se debe evitar cualquier contaminación accidental; ya que el envío de una muestra en condiciones inadecuadas harán variar fundamentalmente los resultados de análisis, e impiden deducir conclusiones sobre la calidad bacteriológica del agua.

2.1.1.2 FRECUENCIA DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

La frecuencia de toma de muestra del agua procedente de la fuente Pozo “El Estadio”; fue semanal por un periodo de 1 mes, para de esta manera poder obtener un análisis comparativo de los resultados de cada uno de los parámetros analizados.

2.1.1.3 METODOLOGÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El análisis de los parámetros físico químicos se realizaron en el Laboratorio de Análisis Técnicos – Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, utilizando los diferentes instrumentos, métodos y técnicas para desarrollar cada uno de los procedimientos, y basando los resultados obtenidos en la Norma INEN 1108 – 2010 AGUA POTABLE 3ra revisión.

Los análisis microbiológicos se realizaron en el laboratorio SAQMIC Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos.

TABLA 2.1.1.3-1 METODOLOGÍA DE TRABAJO

MES	SEMANA	N° DE MUESTRAS RECOLECTADAS	LUGAR
Septiembre	1	1	Yaruquíes Pozo “El Estadio”
Septiembre	2	1	Yaruquíes Pozo “El Estadio”
Septiembre	3	1	Yaruquíes Pozo “El Estadio”
Septiembre	4	1	Yaruquíes Pozo “El Estadio”
	TOTAL DE MUESTRAS	4	

FUENTE: Jenny A. Donoso Lliquin

2.2 MATERIALES, MÉTODOS Y TÉCNICAS

2.2.1 MATERIALES

El material para los análisis, es el agua proveniente del pozo “El Estadio” ubicado en la parroquia de Yaruquíes, del mismo que se obtuvo las muestras para analizarlas en el laboratorio.

2.2.2 MÉTODOS

TABLA 2.2.2 – 1 DESCRIPCION DEL MÉTODO DE ANÁLISIS

DETERMINACIÓN	MÉTODO	DESCRIPCIÓN
Recolección de Muestras	Método general: Muestreo simple	Una muestra tomada por este método, es capaz de proporcionar información sobre calidad en un punto y momento dado.
	Método específico: Aleatorio Simple	Se toma al azar muestras independientes temporales y en diferentes tiempos.
pH	Electrométrico	En este ensayo se utiliza el electrodo de cristal.
Conductividad	Electrométrico	Tomar el dato directo del conductímetro.
Turbiedad	Nefelométrico	Se utiliza el turbidímetro para el análisis.
Cloruros	Volumétrico	Se coloca 25 mL de muestra + 4 gotas de K_2CrO_7 , titular con $AgNO_3$ (0,01 N) y verificar el color de amarillo a ladrillo.
Dureza	Volumétrico	Se coloca 25 mL de muestra + 1 mL de KCN + 10 mL de buffer pH 10 + indicador negro de eriocromo T titular con EDTA (0,02N) y verificar el color de rojo a azul
Calcio	Volumétrico	Se coloca 25 mL de muestra + 1 mL de KCN + 1 mL de NaOH (1N) + indicador murexida, titular con EDTA (0,02N) y verificar el color de rosado a lila.
Alcalinidad	Volumétrico	Se coloca 25 mL de muestra + 2 gotas de fenolftaleína (rosado), titular con H_2SO_4 hasta incoloro (pH = 6,1) + 3 gotas de naranja de metilo, titular con H_2SO_4 de naranja rosado (pH = 8).
Sulfatos	Espectrofotométrico	En un balón de 100 mL, colocar una porción de muestra + 2 mL de solución acondicionadora + 1 g de $BaCl_2$ aproximadamente, aforar con la muestra, medir

		en el fotómetro a 410 nm.
Amonios	Espectrofotométrico	En un balón de 50 mL, colocar 25 mL de muestra + 1 mL de NaK tartrato + 2mL de solución Nessler (color amarillo), se afora con la muestra, medir en el fotómetro a 425 nm.
Nitritos	Espectrofotométrico	En un balón de 50 mL, colocar 25 mL de muestra + 2 mL de solución A + 2 mL de reactivo B, aforar con la misma muestra, dejar reposar durante 30 minutos medir en el fotómetro a 520 nm.
Hierro	Espectrofotométrico	En un Erlenmeyer de 125 mL colocar 50 mL de muestra + 1 mL de cloruro de hidroxil-amina + 1 mL de ácido clorhídrico concentrado y someter a reducción hasta un volumen de 15 a 20 mL aproximadamente y dejar enfriar. Una vez frio añadir 8 mL de buffer (pH= 5,5) + 2 mL de solución fenantrolina y agregar 50 ml de la misma muestra dejar descansar por 15 minutos, medir en el fotómetro a 510 nm
Fosfatos	Espectrofotométrico	En un balón de 100 mL, colocar 50 mL de muestra + 4 mL de Amonio Molibdato + 0,5 de cloruro estañoso (glicerina), cuando cambie a color azul, aforar con la muestra, medir en el fotómetro a 650 nm
Solidos totales	Gravimétrico	Pesar una caja Petri, colocar 25 mL de muestra en la caja, someter a baño maría hasta sequedad, introducirla en la estufa, colocarla en el desecador por aproximadamente por 15 minutos y pesarla
Análisis microbiológicos	Sembrado	Después de esterilizar el equipo microbiológico de filtración por membranas, se siembra y se toma lectura a las 24 horas, se realiza el conteo de las colonias si las hubiere

FUENTE: Métodos del Laboratorio de Análisis Técnicos – Facultad de Ciencias

2.2.3 TÉCNICAS

La determinación de los diferentes parámetros analizados en el agua muestreada se realizan bajo la Norma INEN 1108 para Agua Potable, y siguiendo las mencionadas técnicas descritas a continuación.

2.2.3.1 DETERMINACIÓN DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

TABLA 2.2.3.1-1 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

ESTÁNDAR MHETODS *2310 A y B

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA
Método de selección de muestras de una población para estudiar algún aspecto de los individuos que la componen.	Recipientes de plástico transparente o vidrio de capacidad de 500 mL.	Recoger tres (3) tipos de muestra, cada una en un volumen aproximado a 500 mL.

En el momento de la toma de muestra se debe realizar las siguientes pruebas.

- ✓ Control de pH
- ✓ Determinación de la temperatura del agua
- ✓ Determinación de la temperatura ambiental

2.2.3.2 DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA

TABLA 2.2.3.2-1 POTENCIAL DE HIDROGENO pH

STANDARD METHODS *2310 A y B

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULO
El pH se define como el logaritmo negativo en base 10 de la concentración molar de iones hidrogeno (H^+), tiene un rango de 1 a 14. Si es ácida el pH es menor a 7, si es alcalina mayor a 7, si es neutra igual a 7. Para su medida se puede utilizar diferentes métodos como el colorimétrico con indicador universal, liquido, varillas indicadoras de pH y el pHmetro	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Vaso de precipitación. ✓ pHmetro. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Colocar 25 mL de muestra de un vaso de precipitación. ✓ Aforar con una solución buffer. ✓ Encender el equipo. (electrodo de cristal). ✓ Introducir el electrodo en el vaso de precipitación. ✓ Leer el valor que indique. 	<p>pH = - log (H^+)</p> <p>Donde:</p> <p>pH= potencial hidrogeno.</p> <p>(H^+) = concentración molar de iones Hidrogeno.</p>

TABLA 2.2.3.2-2 TEMPERATURA

STANDARD METHODS *2550 B

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>Magnitud que mide el estado térmico de un sistema termodinámico en equilibrio.</p> <p>Se procura en lo posible realizar la medición directamente en el momento en que se realiza la toma de muestra.</p>	<p>✓ Termómetro en escala centígrada.</p>	<p>✓ Introducir el bulbo del termómetro en la muestra.</p> <p>✓ Esperar unos segundos hasta estabilizar el nivel de mercurio.</p> <p>✓ Anotar el valor de la temperatura.</p>	<p>$K = 273,15 + C$</p> <p>Donde:</p> <p>K = temperatura en escala absoluta.</p> <p>C = temperatura en escala centígrada.</p>

TABLA 2.2.3.2-3 CONDUCTIVIDAD
STANDARD METHODS *2510 B

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>A la conductividad se la define como el movimiento de carga por iones en solución, por reacción electroquímica en la superficie de los electrodos y por movimientos de electrones en metales.</p> <p>La escala 1999,9 μS, corresponde a las conductividades de las aguas potables naturales.</p>	<p>✓ Conductímetro.</p> <p>✓ Recipiente de depósito de la muestra.</p>	<p>✓ Agitar la muestra.</p> <p>✓ Colocar el electrodo del conductímetro en la muestra hasta cubrir suficientemente la superficie del electrodo.</p> <p>✓ Se toma el dato luego de la lectura del conductímetro.</p>	<p align="center">$\mu = 1/2 \sum C_i \cdot Z_i^2$</p> <p>Donde:</p> <p>μ = conductividad.</p> <p>C_i = concentración del ion.</p> <p>Z_i = carga del ion.</p>

NOTA: Para el cálculo de la conductividad de una agua se debe, actuar como se indica a continuación: Se ve el valor que marca la escala del instrumento, se multiplica por el valor que registra el equipo en unidades de OHMS o de micro OHMS, luego este valor obtenido se multiplica por 0.1 que es el tamaño de la celda que se utiliza para la medición, el valor obtenido es el que se reporta como conductividad.

TABLA 2.2.3.2-4 TURBIEDAD

STANDARD METHODS *2130 A y B

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA
La turbiedad utiliza un método de dispersión elástica que se utiliza para medir la concentración de partículas en suspensión. En este método se mide la disminución en la radiación transmitida que resulta de la dispersión de la luz por partículas. Se mide en unidades de turbidez (UNT).	✓ Nefelómetro o turbidímetro.	<ul style="list-style-type: none">✓ Colocar en la celda agua destilada para la calibración del equipo.✓ Colocar la muestra de agua en la celda.✓ Medir el valor que indica.

2.2.3.3 DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES QUÍMICAS DEL AGUA

TABLA 2.2.3.3 -1 DUREZA
STANDARD METHODS *2340 B y C

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULO
La dureza se define como la concentración de carbonato de calcio (CaCO_3 mg/L) que equivale a la concentración total de todos los cationes multivalentes de la muestra.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Erlenmeyer. ✓ Bureta. ✓ Pipeta. ✓ Vaso de precipitación. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tomar 25 mL de muestra en el Erlenmeyer. ✓ Agregar 2 mL de solución amortiguadora. ✓ Agregar 1 mL de solución cianuro de potasio. ✓ Poner el indicador de negro de eriocromo T. ✓ Agregar lentamente el EDTA hasta que el viraje de color rojizo a azul. 	$\text{CaCO}_3 = \frac{(V_1)(M)(10^5)}{V_2}$ <p>Donde:</p> <p>CaCO₃ = concentración de carbonato de calcio en ppm (mg/L).</p> <p>V₁=volumen consumido de EDTA (mL).</p> <p>M = molaridad exacta del EDTA.</p> <p>V₂ = volumen de la muestra (mL).</p>

TABLA 2.2.3.3 -2 CALCIO
STANDARD METHODS *3500 Ca

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULO
Las sales de calcio son la causa más frecuente de la dureza y afecta vitalmente las propiedades incrustantes o corrosivas del agua. Se puede utilizar el método gravimétrico o titulometría del permanganato para la determinación exacta del Ca.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pipeta. ✓ Bureta. ✓ Erlenmeyer. ✓ Vasos de precipitación. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se toma 25 mL y diluir 50 mL con agua destilada. ✓ Agregar 1 mL de KCN. ✓ Agregar 2 mL de solución de NAOH 1 N. ✓ Agregar un poco de indicador de murexida. ✓ Agregar lentamente el titulador de EDTA hasta tener viraje de rosado a lila. ✓ Multiplicar por el factor correspondiente. 	$Ca^{2+} = \frac{V_2 * M * 4000}{V}$ <p>V₂ =volumen gastado de EDTA.</p> <p>M = molaridad EDTA.</p> <p>V = volumen de muestra.</p>

NOTA: Cuando se usa murexida se debe comprobar el viré, agregando en exceso una o dos gotas del titulador, para asegurarse de que no ocurra un nuevo vire de color.

**TABLA 2.2.3.3 -3 ALCALINIDAD
STANDARD METHODS *2320 B**

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>Es la medición cuantitativa de los constituyentes alcalinos totales de un agua (carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos), por lo que se puede tomar como una medida directa de la concentración de estos.</p> <p>Usualmente se utiliza fenolftaleína como indicador que permite cuantificar la alcalinidad del hidróxido y la mitad del carbonato, y naranja de metilo que permite determinar la alcalinidad restante.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pipeta volumétrica. ✓ Bureta. ✓ Erlenmeyer. ✓ Vasos de precipitación. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Colocar 25 mL de muestra en un Erlenmeyer. ✓ Agregar 2 o 3 gotas de fenolftaleína y naranja de metilo. ✓ Titular con ácido sulfúrico hasta viraje de color rosa a manzana. 	$CaCO_3 = \frac{mL\ Acido * NAcido * 50000}{mL\ de\ muestra}$

TABLA 2.2.3.3 -4 CLORUROS
STANDARD METHODS *4500 Cl - B

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>Indican una medida indirecta de contaminación de origen orgánico humano, así como de la presencia de sales ionizables.</p> <p>Hay dos métodos para determinar cloruros en aguas potables: el método de Mhor y el de nitrato mercúrico.</p>	<p>✓ Pipeta volumétrica.</p> <p>✓ Bureta.</p> <p>✓ Erlenmeyer.</p>	<p>Método de Mhor</p> <p>✓ Colocar 25 mL de muestra en un Erlenmeyer.</p> <p>✓ Agregar 2 o 3 gotas de cromato de potasio.</p> <p>✓ Titular con la solución de nitrato de plata hasta viraje de amarillo a pardo.</p>	$Cl^- = \frac{mL\ AgNO_3 * N_{AgNO_3} * 35,46 * 100}{V}$ <p>Donde:</p> <p>mL AgNO₃ = mililitros de nitrato de plata utilizados en la titulación.</p> <p>N AgNO₃ = normalidad del nitrato de plata</p> <p>V = volumen de muestra.</p>

TABLA 2.2.3.3 -5 FOSFATOS

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA
<p>El fosfato suele presentarse en huellas en algunas aguas naturales. En embalses de agua estas huellas de fosfato estimulan la proliferación de algas, además los fosfatos fomentan como sustancia nutritiva la proliferación de organismos en las tuberías principales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Espectrofotómetro. ✓ Balones aforados de 100 mL. ✓ Pipeta volumétrica. ✓ Pipetas. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ En un balón de 100 mL colocar 50 mL de muestra. ✓ Agregar 4 mL de amoníaco molibdato. ✓ Adicionar 0.5 mL de cloruro estañoso. ✓ Aforar a 100 mL y tomar lectura de la absorbancia a 690 nm.

TABLA 2.2.3.3 -6 NITRITOS

FUNDAMENTO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO
<p>El nitrito se presenta en las aguas como un producto intermedio en los procesos de oxidación o reducción. En aguas superficiales crudas las huellas de nitritos indican contaminación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Espectrofotómetro. ✓ Balones aforados de 25 mL. ✓ Pipeta volumétrica. ✓ Pipetas. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ En un balón de 25 mL colocar 1 mL de muestra. ✓ Añadir 1 mL de solución de ácido sulfamílico agitar y dejar reposar 3 a 4 minutos. ✓ Adicionar 10 mL de naftil amina y 1 mL de acetato de sodio tomando una coloración naranja. ✓ Añadir 10 mL de ácido acético toma una coloración roja. ✓ Aforar y tomar la lectura de absorbancia a 520 nm.

TABLA 2.2.3.3 -7 SÓLIDOS TOTALES

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULO
El término de sólidos totales se le da al residuo que permanece en una capsula después de realizar la evaporación de una muestra de agua con su consecuente secado en la estufa a una temperatura conveniente.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cápsula de porcelana tarada. ✓ Baño María. ✓ Pipeta volumétrica. ✓ Estufa. ✓ Desecador. ✓ Pinza de Crisol. ✓ Balanza analítica. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pesar la cápsula previamente tarada. ✓ Homogenizar la muestra. ✓ Agregar 25 mL de muestra a la capsula, someterla a evaporación a baño maría. ✓ Secar en la estufa a 110 C por dos horas. ✓ Enfriar la capsula y pesar. 	$ST = \frac{(P_2 - P_1)}{V}$ <p>P₂ = peso de la capsula, residuo.</p> <p>P₁ = peso capsula tarada.</p> <p>V = volumen.</p>

TABLA 2.2.3.3 -8 SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>El término de sólidos disueltos (TDS), es la cantidad de materia disuelta en una muestra de agua, no pueden ser removidos por un filtro tradicional.</p> <p>TDS es básicamente la suma de todos los minerales, metales, y sales disueltos en el agua y es un buen indicador de la calidad del agua.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Caja Petri. ✓ Baño María. ✓ Estufa. ✓ Desecador. ✓ Pinza de Crisol. ✓ Balanza analítica. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pesar una caja Petri. ✓ Agregar 25 mL de muestra en la caja Petri. ✓ Someter a baño maría hasta sequedad. ✓ Introducir en la estufa. ✓ Colocarla en el desecador. ✓ Pesar. 	$TDS = \frac{(P_2 - P_1)}{V}$ <p>Donde:</p> <p>P₂ = peso de la caja Petri, residuo.</p> <p>P₁ = peso caja Petri tarada</p> <p>V = volumen de muestra</p>

TABLA 2.2.3.3 -9 HIERRO

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA
<p>Las normas del agua potable especifican que el total de las concentraciones de hierro no deben exceder de 0,3 mg/L. esta limitación está basada indudablemente en consideraciones de aspecto más que en las de salud.</p> <p>Las aguas que contienen no son aceptadas debido a su apariencia rojiza y a su capacidad de tinción .</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Erlenmeyer. ✓ Vaso de Precipitación. ✓ Pipeta. ✓ Reverbero. ✓ Fotómetro. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ En un Erlenmeyer de 125 mL colocar 50 mL de muestra. ✓ Añadir 1 mL de cloruro de hidroxilamina. ✓ Añadir 2 mL de ácido clorhídrico concentrado y someter a reducción en un reverbero hasta un volumen de 15 a 20 mL aproximadamente y dejar enfriar. ✓ Una vez frio añadir 8 mL de buffer (pH= 5,5). ✓ Añadir 2 mL de solución fenantrolina. ✓ Agregar 50 ml de la misma muestra. ✓ Dejar reposar por 15 minutos. ✓ Medir en el fotómetro a 510 nm.

TABLA 2.2.3.3-10 AMONIOS

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA
<p>Procede de la descomposición de la urea y de compuestos orgánicos (desaminación).</p> <p>Si se trata de aguas subterráneas se tiene una concentración baja ya que las partículas de arcilla del suelo los absorben</p> <p>Cuando existe concentraciones elevadas se necesitara de un aporte mayor de oxígeno en el momento de la potabilización del agua.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Balón aforado. ✓ Vaso de Precipitación. ✓ Pipeta. ✓ Fotómetro. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ En un balón de 50 mL, colocar 25 mL de muestra. ✓ Añadir 1 mL de NaK tartrato. ✓ Añadir 2mL de solución Nessler (color amarillo). ✓ Aforar con la muestra. ✓ Medir en el fotómetro a 425 nm.

2.2.3.4 DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA

**TABLA 2.2.3.4-1 CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA
STANDARD METHODS 5220D /9222D**

REQUISITOS	ENSAYO	STANDARD METHODS
Coliformes Totales	Coliformes Totales	PPE/M-01
Coliformes Fecales	Coliformes Fecales	PPE/M-01

CAPITULO III

CALCULOS

Y

DIMENSIONAMIENTO

CAPITULO III

CÁLCULOS Y DIMENSIONAMIENTO

3.1 ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE LA RESINA

3.1.1 DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD REAL

$$\rho a = \frac{Pm}{Vw * (\Delta L)} \quad \text{Ec. E-1}$$

ρa = Densidad real de la resina

Pm = Peso de la muestra de resina = (5 g)

Vw = Volumen de agua = (10 ml)

ΔL = Diferencia de la lectura en la probeta = (0,44)

CÁLCULO:

$$\rho a = \frac{5g}{10mL * (0,44)}$$

$$\rho a = 1,13 \text{ g/mL}$$

3.1.2 DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO

$$S = \frac{Pm}{Vm} \quad \text{Ec. B-1}$$

Donde:

S = Peso específico.

Pm = Peso de la muestra. = (20 g)

Vm = Volumen de la muestra.= (17,6 mL)

Cálculo del Vm:

$$Vm = \frac{m}{\rho}$$

Donde:

m = masa de la muestra.

ρ = densidad de la resina

$$Vm = \frac{20g}{1,13 g/ml}$$

$$Vm = 17,6 ml$$

CÁLCULO DEL PESO ESPECÍFICO

$$S = \frac{Pm}{Vm}$$

$$S = \frac{20 g}{17,6 mL}$$

$$S = 1,14 g/mL$$

3.1.3 DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE POROSIDAD

$$\% \varepsilon = \frac{Vv}{Vm} * 100 \quad \text{Ec. D-1}$$

Donde:

ε = Porosidad.

Vv = Volumen de los vacíos = (8,5 mL)

Vm = Volumen de la muestra = (88,5 mL)

$$Vm = \frac{m}{\rho} \quad \text{Ec. 3.1.3-1}$$

Donde:

m = masa de la muestra. = (100 g)

ρ = densidad de la resina = (1,13 g/mL)

✓ **Cálculo del volumen de la muestra:**

$$Vm = \frac{100 \text{ g}}{1,13 \text{ g/mL}}$$

$$Vm = 88,5 \text{ mL}$$

$$Vv = (Vt - Vm) \quad \text{Ec. 3.1.3-2}$$

Donde:

Vt = Volumen total de agua = (97mL)

Vm = Volumen de la muestra = (88,5 mL)

✓ **Cálculo del volumen de vacíos:**

$$Vv = (97\text{mL} - 88,5\text{mL})$$

$$Vv = 8,5 \text{ mL}$$

✓ **CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE POROSIDAD**

$$\% \varepsilon = \frac{Vv}{Vm} * 100$$

$$\% \varepsilon = \frac{8,5 \text{ mL}}{88,5 \text{ mL}} * 100$$

$$\% \varepsilon = 9 \%$$

3.1.4 DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA

$$Ca = C_r + C_{r-1} \quad \text{Ec. A-1}$$

Donde:

Ca = Cantidad acumulada.

Cr = Cantidad retenida en el tamiz.

C_{r-1} = Cantidad retenida en el tamiz anterior.

$$Ca(pt) = 200 - Ca \quad \text{Ec. A-2}$$

Donde:

Ca (pt) = Cantidad acumulada que pasa por el tamiz.

Ca = Cantidad acumulada.

$$\%C = \frac{Ca(pt)}{200} * 100 \quad \text{Ec. A-3}$$

Donde:

%C = porcentaje de cernido.

Ca (pt) = Cantidad acumulada que pasa por el tamiz.

**TABLA 3.1.4-1 DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA GRANULOMETRÍA
DE RESINA CATIÓNICA CORRESPONDIENTE AL TAMIZ SERIE 14**

PARAMETRO	FÓRMULA	CÁLCULO	RESULTADO
Cr	-	Se toma el valor directo retenido en el primer tamiz (N° 14).	0,55 g
Ca	$Ca = C_r + C_{r-1}$	$Ca = 0,55 \text{ g} + 0 \text{ g}$	0,55 g
Ca (pt)	$Ca(pt) = 200 - Ca$	$Ca(pt) = 200 \text{ g} - 0,55 \text{ g}$	199,45 g
%C	$\%C = \frac{Ca(pt)}{200} * 100$	$\%C = \frac{199,45}{200} * 100$	99,72 %

FUENTE: Jenny Donoso.

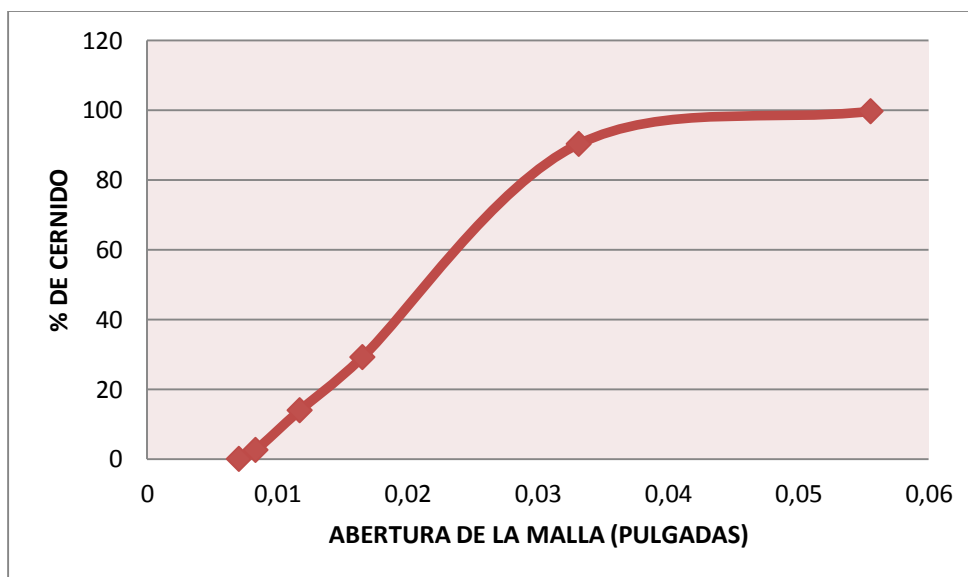
NOTA: El valor 0,55 g es obtenido directamente del análisis experimental realizado en el laboratorio y corresponde a la cantidad retenida en el primer tamiz (N° 14).

TABLA 3.1.4 - 2
ANÁLISIS GRANULOMETRICO DE LA RESINA CATIÓNICA PARA 200 g

Tamiz Serie Taylor	Abertura de la Malla (mm)	Abertura de la Malla (pulgadas)	Cantidad Retenida Cr (g)	Cantidad Acumulada Ca (g)	Cantidad acumulada que pasa por el tamiz Ca (pt) (g)	Porcentaje de cernido % C
14	1,40	0,0555	0,55	0,55	199,45	99,72
20	8,50	0,0331	18,82	19,37	180,63	90,31
40	4,25	0,0165	122,25	141,62	58,38	29,19
50	300	0,0117	30,40	172,02	27,98	13,99
70	212	0,0083	22,86	194,88	5,12	2,56
80	< 212	0,0070	5.12	200	0	0

FUENTE: Jenny Donoso

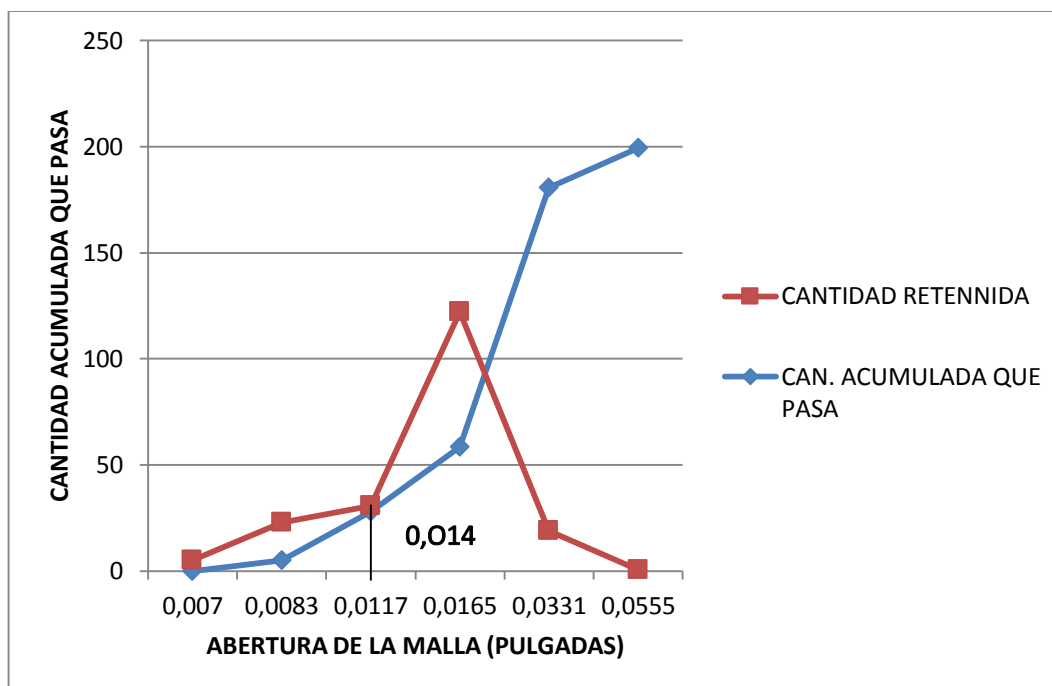
**GRAFICO 3.1.4 -1 CURVA GRANULOMETRICA DE LA RESINA
CATIÓNICA**



FUENTE: Jenny Donoso

DATOS: TABLA 3.1.4 – 2 ANÁLISIS GRANULOMETRICO DE LA RESINA
CATIÓNICA PARA 200 g

GRAFICO 3.1.4 -2 DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO MEDIO DE LA RESINA



FUENTE: Jenny Donoso

DATOS: TABLA 3.1.4 – 2 ANÁLISIS GRANULOMETRICO DE LA RESINA
CATIÓNICA PARA 200 g

Por el método de interpolación podemos obtener el diámetro medio correspondiente a cada al grano de resina el cual es: 0,014 pulgadas.

3.2 CÁLCULO DEL VOLUMEN DE LOS FILTROS DEL EQUIPO POTABILIZADOR UTILIZADO A NIVEL DE LABORATORIO

El equipo utilizado experimentalmente constó de 6 filtros: dos para retención de sólidos, dos para reducción de dureza, y uno para afinamiento, a los cuales se les tomo las siguientes medidas: de diámetro 0,40 m, de radio 0,20 y una altura de 0,45 una vez obtenidos estos valores puedo calcular el volumen de agua que se puede tratar en el banco de pruebas en mención, para lo cual se utilizara la siguiente fórmula:

$$V_{filtro} = \pi * r^2 * h$$

Donde:

V filtro = volumen del filtro

r = radio del filtro = (0,20 m)

h = Altura del filtro = (0,45 m)

$$V_{filtro} = \pi * (0,20 \text{ m})^2 * 0,45 \text{ m}$$

$$V_{filtro} = \pi * (0,04 \text{ m}^2) * 0,45 \text{ m}$$

$$V_{filtro} = 0,056 \text{ m}^3$$

$$V_{filtro} = 56 \text{ L}$$

3.3 CÁLCULOS COMPLEMENTARIOS DE LA RESINA UTILIZADA EN EL TRATAMIENTO A NIVEL DE LABORATORIO.

3.3.1 CANTIDAD DE RESINA UTILIZADA A NIVEL DE LABORATORIO PARA TRATAR UNA MUESTRA DE 20 L DE AGUA DURA.

En las correspondientes pruebas realizadas se utilizó 1000 g de resina distribuidos en 2 filtros, para tratar 20 L de agua, realizando la transformación indicada a continuación, podemos indicar que la cantidad de resina a utilizarse para tratar 1 m³ de agua es 50 Kg de resina.

$$\frac{1000 \text{ g resina}}{20 \text{ L de agua}} * \frac{1 \text{ kg de resina}}{1000 \text{ g de resina}} * \frac{1000 \text{ L de agua}}{1 \text{ m}^3 \text{ de agua}} = 50 \text{ kg de resina/m}^3 \text{ agua}$$

3.3.2 REGENERACIÓN DE LA RESINA

La regeneración de la resina se realizó mediante un producto de fácil acceso en el mercado local como es la sal, preparada en una concentración del 8% al 12%, así como el retrolavado inicial y el enjuague final, con agua ablandada.

En este sentido se ha considerado un nivel de regeneración de 260 Kg ClNa/m³ de resina (16 Lb ClNa/pie³).

$$260 \frac{\text{kg ClNa}}{\text{m}^3} * \frac{2,202 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} * \frac{0,02831 \text{ m}^3}{1 \text{ pie}^3} = 16 \frac{\text{lb ClNa}}{\text{pie}^3}$$

3.4 DATOS DEL ANÁLISIS DEL AGUA ANTES Y DESPUES DEL TRATAMIENTO.

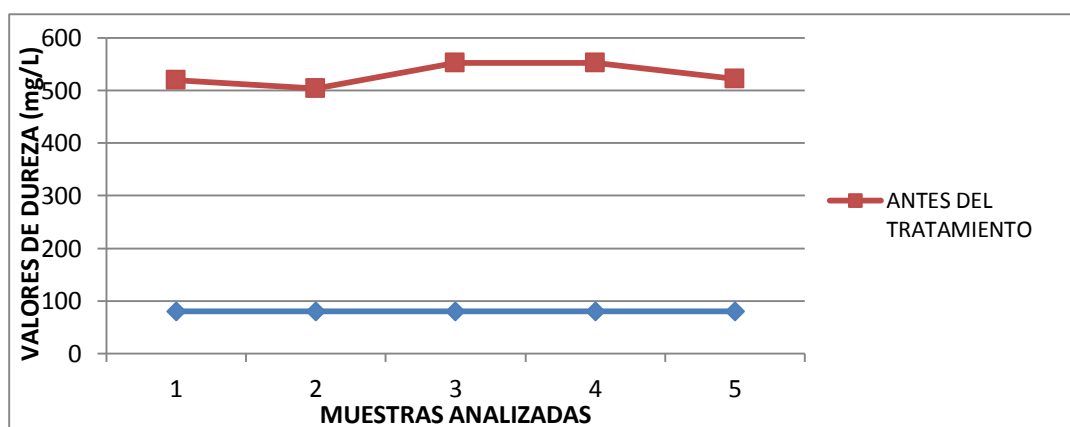
Posterior a los análisis de cada una de las muestras llevadas al laboratorio se han obtenido los siguientes datos:

TABLA 3.4-1 DATOS DEL ANÁLISIS DE DUREZA ANTES Y DESPUES DEL CORRESPONDIENTE TRATAMIENTO

NÚMERO DE MUESTRA	VALOR DE DUREZA (mg/L) ANTES DEL TRATAMIENTO	LÍMITE PERMISIBLE DE DUREZA (mg/L) REFERIDO EN LA NORMA INEN 1108	VALOR DE DUREZA (mg/L) DESPUES DEL TRATAMIENTO
1	520	200	80
2	504		
3	512		
4	552		
PROMEDIO	522		

FUENTE: Laboratorio de Análisis Técnicos – Facultas de Ciencias.

GRAFICA 3.4-1 DATOS DE DUREZA OBTENIDOS ANTES Y DESPUES DEL TRATAMIENTO



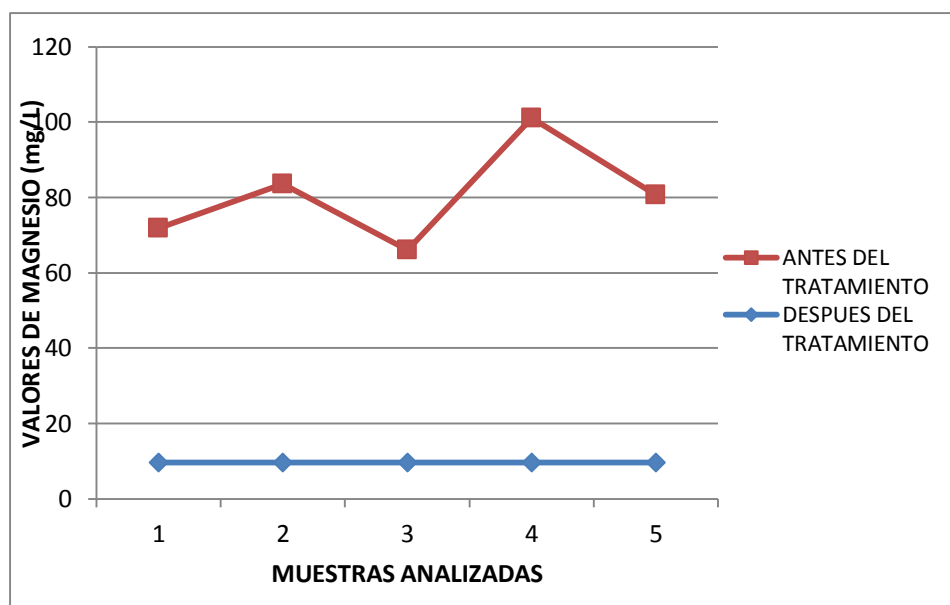
FUENTE: TABLA 3.4-1 DATOS DEL ANÁLISIS DE DUREZA ANTES Y DESPUES DEL CORRESPONDIENTE TRATAMIENTO.

**TABLA 3.4-2 DATOS DEL ANÁLISIS DE MAGNESIO ANTES Y DESPUES
DEL CORRESPONDIENTE TRATAMIENTO**

NÚMERO DE MUESTRA	VALOR DE MAGNESIO (mg/L) ANTES DEL TRATAMIENTO	LÍMITES PERMISIBLE DE MAGNESIO (mg/L) REFERIDO EN LA NORMA INEN 1108	VALOR DE MAGNESIO (mg/L) DESPUES DEL TRATAMIENTO
1	71,9	MAXIMO 50	9,7
2	83,6		
3	66,1		
4	101,1		
PROMEDIO	80,67		

FUENTE: Laboratorio de Análisis Técnicos – Facultas de Ciencias..

**GRAFICA 3.4-2 DATOS DE MAGNESIO OBTENIDOS ANTES Y
DESPUES DEL TRATAMIENTO**



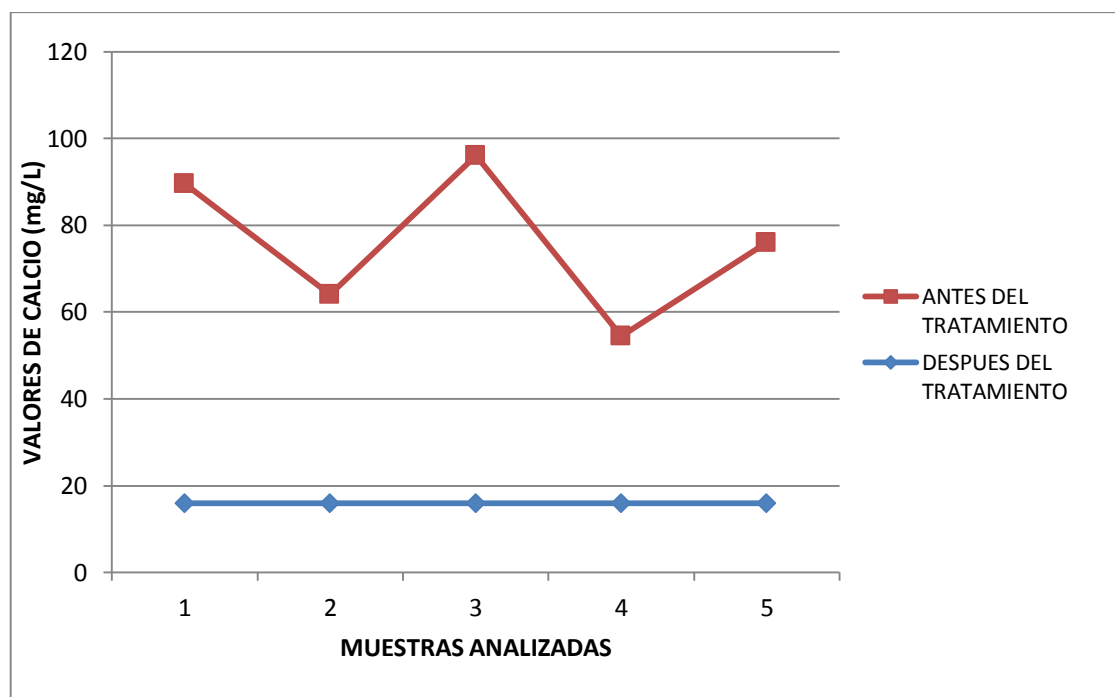
FUENTE: TABLA 3.4-2 DATOS DEL ANÁLISIS DE MAGNESIO ANTES Y DESPUES DEL CORRESPONDIENTE TRATAMIENTO.

**TABLA 3.4-3 DATOS DEL ANÁLISIS DE CALCIO ANTES Y DESPUES
DEL CORRESPONDIENTE TRATAMIENTO**

NÚMERO DE MUESTRA	VALOR DE CALCIO (mg/L) ANTES DEL TRATAMIENTO	LÍMITES PERMISIBLE DE CALCIO (mg/L) REFERIDO EN LA NORMA INEN 1108	VALOR DE CALCIO (mg/L) DESPUES DEL TRATAMIENTO
1	89,6	MÁXIMO 70	16
2	64		
3	96		
4	54,4		
PROMEDIO	76		

FUENTE: Laboratorio de Análisis Técnicos – Facultas de Ciencias.

**GRAFICA 3.4-3 DATOS DE CALCIO OBTENIDOS ANTES Y DESPUES
DEL TRATAMIENTO**



FUENTE: TABLA 3.4-3 DATOS DEL ANÁLISIS DE CALCIO ANTES Y
DESPUES DEL CORRESPONDIENTE TRATAMIENTO.

3.5 EFICIENCIA DEL SISTEMA PLANTEADO

3.5.1 DUREZA

$$E = \frac{(Dureza\ inicial - Dureza\ final)}{Dureza\ inicial} * 100$$

$$E = \frac{(552 - 80)}{552} * 100$$

$$E = 85,5\% = 86\%$$

3.5.2 SÓLIDOS TOTALES

$$ST = \frac{(ST\ inicial - ST\ final)}{ST\ inicial} * 100$$

$$ST = \frac{(1212 - 212)}{1212} * 100$$

$$ST = 82,5\% = 83\%$$

3.5.3 SÓLIDOS DISUELTOS

$$SD = \frac{(SD\ inicial - SD\ final)}{SD\ inicial} * 100$$

$$SD = \frac{(1076,77 - 47,1)}{1076,77} * 100$$

$$SD = 95,6\% = 96\%$$

3.6 ESCALADO DEL DISEÑO DE ACUERDO AL CONSUMO Y EL CAUDAL EXISTENTE DE AGUA EN LA PARROQUIA DE YARUQUÍES.

3.6.1 CONSUMO DE AGUA AL DÍA POR CADA HABITANTE

En el momento de determinar el consumo de agua diario por cada habitante, influyen muchos factores como: clima, tamaño de la parroquia, grado de industrialización que influyen en la demanda de agua, para lo cual las Normas de la Subsecretaría de Agua Potable y Saneamiento Básico recomiendan para poblaciones entre 5000 y 50000 habitantes en clima frio, adoptar valores entre 180 y 200 L/hab/día, como lo indica la siguiente tabla.

TABLA 3.6.1 – 1 DOTACIONES RECOMENDADAS SEGÚN POBLACIÓN Y CLIMA

POBLACIÓN (Habitantes)	CLIMA	DOTACIÓN L/hab/día
5000 - 50000	FRIO	180 - 200
	TEMPLADO	190 - 220
	CALIDO	200 - 230

FUENTE: MIDUVI - CHIMBORAZO

Para realizar el correspondiente cálculo del consumo diario de agua utilizamos la siguiente ecuación:

$$C_D = N_H * C_{DH}$$

Donde:

C_D = Consumo diario de agua en el sector.

N_H = Número de habitantes en el sector = 5000

C_{DH} = Consumo de agua diario por cada habitante = 200 L

$$C_D = 5000 * 200$$

$$C_D = 1000000 \text{ L diarios de consumo}$$

$$C_D = 1000 \text{ m}^3 \text{ Diarios de consumo}$$

3.6.2 CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE RESINA NECESARIA PARA TRATAR 1000 m³ DE AGUA.

Como se realizó el cálculo en el Ítem 3.3.1 referente a la cantidad de resina necesaria para tratar 1m³ de agua a continuación indico la cantidad necesaria para tratar 1000 m³, requerimiento de la parroquia.

$$\frac{50 \text{ kg resina}}{1 \text{ m}^3 \text{ de agua}} * 1000 \text{ m}^3 \text{ de agua} = 50000 \text{ kg resina}$$

3.6.3 TAMAÑO DE LOS FILTROS DE RESINA Y DE CARBÓN ACTIVADO

Para el dimensionamiento de los filtros requeridos en la planta los valores son los siguientes: el diámetro de 2 m y la altura de 3,50 estas medidas ya son especificadas por los fabricantes y constantes a gran escala.

$$V_F = \pi * r^2 * h$$

$$V_F = \pi * (1 \text{ m})^2 * 3,5 \text{ m}$$

$$V_F = 11 \text{ m}^3$$

3.6.4 CÁLCULO DE CAUDALES

3.6.4.1 CÁLCULO DEL CAUDAL DE CAPTACIÓN

Se calcula con la siguiente ecuación.

$$Q_{captación} = 1,05 \times CMD$$

Donde:

1,05 = Constante para cálculos de estructuras de captación.

CMD = Caudal Máximo Diario = (30 L/s)

$$Q_{captación} = 1,05 \times 30 \text{ L/s}$$

$$Q_{captación} = 30,5 \text{ L/s}$$

3.6.4.2 CÁLCULO DEL CAUDAL DE CONDUCCIÓN

La línea de conducción se diseñará para una capacidad equivalente a 1,05 veces el Caudal Máximo Diario, CMD. Se calcula con la siguiente ecuación.

$$Q_{conducción} = 1,05 \times CMD$$

$$Q_{conducción} = 1,05 \times 30 \text{ L/s}$$

$$Q_{conducción} = 30,5 \text{ L/s}$$

3.6.4.3 CÁLCULO DEL CAUDAL DE TRATAMIENTO

El caudal de tratamiento se calcula con la siguiente ecuación.

$$Q_{tratamiento} = 1,10 \times CMD$$

Donde:

1,10 = Constante.

CMD = Caudal Máximo Diario = (30 L/s)

$$Q_{tratamiento} = 1,10 \times 30 \text{ L/s}$$

$$Q_{tratamiento} = 33 \text{ L/s}$$

3.6.5 CÁLCULO DE FILTROS PARA RETENCIÓN DE SÓLIDOS

3.6.5.1 CÁLCULO DEL NÚMERO DE FILTROS

El número de filtros se puede calcular con la Ec. 1.2.3.1-1

$$N = 0,044 \sqrt{Q}$$

Donde:

N = Número de filtros a diseñarse.

Q = Caudal total a tratarse en la planta.

0,444 = Constante.

$$N = 0,044 \sqrt{1000}$$

$$N = 0,044 \sqrt{1000}$$

$$N = 1,39$$

Por seguridad se diseñaran 2 filtros.

3.6.5.2 CÁLCULO DEL ÁREA SUPERFICIAL

El área superficial se puede calcular con la Ec. 1.2.3.1-3

Nota: Q diseño = Q de tratamiento

✓ **Transformación de unidades del caudal de diseño**

$$Q_{diseño} = 33 \frac{L}{s} * \frac{1 m^3}{1000 L} * \frac{3600 s}{1 h} = 118,8 m^3/h$$

$$As = \frac{Qd}{N * Vf}$$

Donde:

As: Área superficial (m²)

Vf: Velocidad de filtración (m/h)

Qd: Caudal de diseño (m³/h)

N: Número de filtros a emplearse en la planta

$$As = \frac{118,8 m^3/h}{2 * 3,888 m/h}$$

$$As \text{ por unidad} = 15,27 m^2$$

Se recomienda que el área de filtración por cada unidad sea menor de 20 m²

3.6.5.3 CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE MÍNIMO COSTO

El coeficiente se lo calcula con la Ec. 1.2.3.1-4 y este valor es requerido para posteriores cálculos como: longitud y ancho.

$$K = \frac{(2 * N)}{(N + 1)}$$

Donde:

K: Coeficiente de mínimo costo

N: Número de filtros

$$K = \frac{(2 * 2)}{(2 + 1)}$$

$$K = 1,33$$

3.6.5.4 CÁLCULO DE LA LONGITUD DE LA UNIDAD

La longitud de unidad se calcula con la Ec. 1.2.3.1-8

$$L = (As * K)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

L= Longitud de unidad (m)

As = Área superficial (m²)

K =Coeficiente de mínimo costo.

$$L = (15,27 \text{ m}^2 * 1,33)^{\frac{1}{2}}$$

$$L = 4,5 \text{ m}$$

3.6.5.5 CÁLCULO DEL ANCHO DE UNIDAD

El ancho de unidad se calcula con la Ec. 1.2.3.1-9

$$b = (As/K)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

b = Ancho de unidad (m)

As = Área superficial (m²)

K = Coeficiente de mínimo costo

$$b = (15,27 \text{ m}^2 / 1,33)^{1/2}$$

$$b = 3,4 \text{ m}$$

3.6.5.6 CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE CARGA PRODUCIDA POR EL LECHO.

El cálculo de la pérdida del lecho se calcula con la Ec. 1.2.3.1-10

$$h_l = (p - 1) * (1 - P_o) * H$$

Donde:

ρ = Densidad.

h_l = Pérdida del lecho.

P_o = Porosidad del lecho.

H = altura del lecho.

Los valores de la densidad como de la porosidad vienen establecidos por los distribuidores de medios filtrantes, estos corresponden a arena:

$$h_l = (1,60 - 1) * (1 - 0,35) * 0,80 \text{ m}$$

$$h_l = 0,31 \text{ m}$$

3.6.6 CÁLCULO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

El diámetro y la altura correspondiente al tanque de almacenamiento de la planta se derivan de la siguiente ecuación.

$$V_T = \pi * \left(\frac{d}{2}\right)^2 * h_T$$

$h_T = 1,2 \text{ d}$ (condición de cálculo de tanques)

$$V_T = \pi * \left(\frac{d}{2}\right)^2 * 1,2 d$$

$$V_T = \pi * \left(\frac{d^2}{4}\right) * 1,2 d$$

$$V_T = \frac{1,2 \pi (d^3)}{4}$$

$$4 V_T = 1,2 \pi (d^3)$$

$$\frac{4 V_T}{1,2 \pi} = d^3$$

$$\frac{4 (1000 m^3)}{1,2 \pi} = d^3$$

$$\frac{(4000 m^3)}{3,76 \pi} = d^3$$

$$d^3 = 1063,82 m^3$$

$$d = \sqrt[3]{1063,82 m^3}$$

$$d = 10,20 m$$

Para obtener la altura reemplazamos el valor del diámetro en la condición mencionada anteriormente.

$$h_T = 1,2 d$$

$$h_T = 1,2 (10,2 m)$$

$$h_T = 1,2 (10,2 m)$$

$$h_T = 12,24 m$$

3.6.7 DESINFECCIÓN

De acuerdo a la información de EMAPAR, en el tanque de distribución se dosifica el cloro de manera directa, la concentración usada actualmente es de 1 mg de Cloro gas por cada litro de agua.

$$\frac{1 \text{ mg de Cloro gas}}{1 \text{ L de agua}} * \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3 \text{ de agua}} * \frac{1 \text{ g de cloro gas}}{1000 \text{ mg de cloro gas}} \\ = 1 \text{ g de cloro gas} / \text{m}^3$$

3.6.8 TIEMPO DE RECIRCULACIÓN DEL SISTEMA

Considerando la altura y el diámetro de cada uno de los filtros de resina se establece que el tiempo de recirculación será de 1 hora por cada 50 m³ de agua, se realizaría 3 circulaciones diarias, de 3,5 horas, estableciendo una pausa de 1 hora entre cada ciclo de recirculación para que el sistema no sufra algún desperfecto. De esta manera se tratara por cada filtro un aproximado de 525 m³, al encontrarse diseñado dos filtros tendremos una totalidad de 1050 m³ diarios, con lo cual las necesidades de agua en el sector estarán cubiertas.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL AGUA

4.1.1 RESULTADO DEL ANÁLISIS DEL AGUA ANTES Y DESPUES DEL TRATAMIENTO.

TABLA 4.1.1 – 1 VALORES OBTENIDOS DEL ANÁLISIS DEL AGUA ANTES Y DESPUES DEL TRATAMIENTO

DETERMINACIONES	UNIIDADES	LÍMITES ESTABLECIDOS EN LA NORMA INEN 1108	RESULTADOS	
			ANTES	DESPUES
pH	Unid	6,5 – 8,5	7,34	8,19
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	1736	1205
Dureza	mg/L	200	522	80
Calcio	mg/L	70	76	16
Magnesio	mg/L	30 - 50	81	9,7
Sólidos Totales	mg/L	1000	1212	212,0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	1070	47,1

FUENTE: Laboratorio de Análisis Técnicos- Facultad de Ciencias

4.2 ANÁLISIS DE LA RESINA

4.2.1 TIEMPO DE RECIRCULACIÓN DEL SISTEMA EN FUNCIÓN DE LA DISMINUCIÓN DE LA DUREZA DEL AGUA.

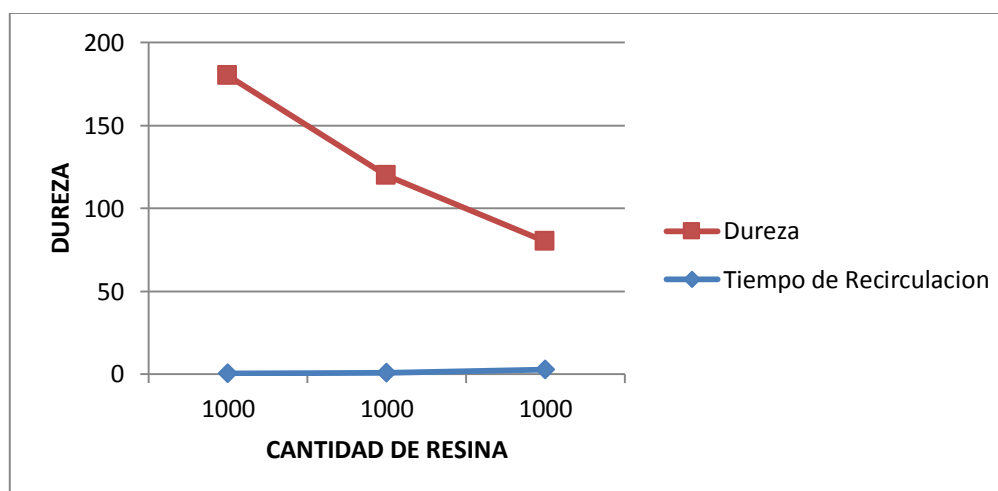
TABLA 4.2.1 – 1 TIEMPO DE RECIRCULACIÓN DEL SISTEMA VS DISMINUCIÓN DE LA DUREZA DEL AGUA

MUESTRA	VOLUMEN DE AGUA (L)	TIEMPO DE RECIRCULACIÓN (min)	CANTIDAD DE RESINA (g)	DUREZA OBTENIDA (mg/L)
1	20	0,5	1000 g	180
2	20	1	1000 g	120
3	20	3	1000 g	80

FUENTE: Jenny Donoso

Los 1000 g de resina se distribuyeron en 2 filtros, el tiempo óptimo para poder reducir los valores de dureza esta en 3 min por cada 20 L.

GRAFICA 4.2.1 – 1 TIEMPO DE RECIRCULACIÓN DEL SISTEMA VS DISMINUCIÓN DE LA DUREZA DEL AGUA



FUENTE: TABLA 4.2.1 – 1 TIEMPO DE RECIRCULACIÓN DEL SISTEMA VS DISMINUCIÓN DE LA DUREZA DEL AGUA

Nota: La cantidad de resina es constante (1000g), la disminución de la dureza es directamente proporcional al tiempo de recirculación.

4.2.2 ANÁLISIS REALIZADOS A LA RESINA DE TIPO CATIÓNICA

TABLA 4.2.2 VALORES OBTENIDOS DE LOS ANÁLISIS REALIZADOS A LA RESINA CATIÓNICA

DETERMINACIÓN	UNIDADES	RESULTADOS
Densidad Real	g/mL	1,13
Peso Especifico	g/mL	1,14
Porosidad	%	9
Diámetro Medio del grano de Resina	plg	0,014

FUENTE: Jenny Donoso

4.3 ESPECIFICACIONES DEL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN

TABLA 4.3-1 ESPECIFICACIONES DEL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN PARA 1000 m³

ETAPA	PROCESO	MATERIAL	DETALLE
ETAPA 1	CAPTACIÓN	TANQUE DE CAPTACIÓN	h = 12,24 m Ø = 10,20 m V = 1000 m ³ Material = hormigón armado.
ETAPA 2	FILTRACIÓN	FILTROS (2)	As = 15,27 m ² L = 4,5 m b = 3,4 m Composición del medio filtrante = Arena, piedra y grava.
ETAPA 3	ABLANDAMIENTO	FILTROS (2)	h = 3,5 m Ø = 2 m V = 11 m ³ Material = Acero inoxidable y resina de intercambio catiónico.
	RECIRCULACIÓN	TIMER	Tiempo Requerido: 3,5 horas por cada 175 m ³
ETAPA 4	AFINAMIENTO	FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO	h = 3,5 m Ø = 2 m V = 11 m ³

			Material = Polietileno y carbón activado.
ETAPA 5	DESINFECCIÓN	GENERADOR DE CLORO	Tipo de generador = Automático Dosificación = 1000 g de cloro gas por cada 1000 m ³
ETAPA 7	DISTRIBUCIÓN	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	h = 12,24 m Ø = 10,20 m V = 1000 m ³ Material = hormigón armado.

FUENTE: Jenny Donoso

CAPITULO V

CONCLUSIONES

Y

RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Una vez realizados los correspondientes análisis del agua y el estudio del diseño necesario para la parroquia, se puede concluir lo siguiente:

- ✓ El sistema diseñado consta de un tanque de captación de 1000 m³ de volumen, dos filtros cuya composición es arena, piedra y grava; el área superficial de cada uno es 15,27 m², dos filtros para intercambio catiónico con un volumen de 11 m³ cada uno, un filtro de carbón activado para afinamiento de 11 m³ de volumen, un generador de cloro de tipo automático y un tanque de distribución de 1000 m³ de volumen. El sistema realiza una recirculación de 3,5 horas por cada 175 m³ de agua.
- ✓ De acuerdo a los análisis físico-químico y microbiológico de caracterización del agua del pozo subterráneo “El Estadio”, los valores obtenidos de las diferentes determinaciones, se encuentran dentro de los límites permisibles por la norma INEN NTE 1108- Agua Potable, a excepción de dureza con un valor de 552 mg/L, magnesio con 80,67 mg/L, calcio con 76 mg/L, sólidos totales con 1212 mg/L, y sólidos disueltos con 1076,77 mg/L.
- ✓ Se establece el sistema de tratamiento en base a la caracterización del agua realizada, teniendo en cuenta los parámetros que se encuentran fuera de los límites permisibles por la Norma INEN 1108 - Agua Potable, quedando plasmado así el diseño en el correspondiente plano, en el cual se indica las etapas de tratamiento necesarias para obtener un agua de calidad apta para el consumo humano.

- ✓ La eficiencia de las operaciones del Sistema de Tratamiento correspondiente a la dureza es del 86%, referente a sólidos totales es del 83% y para sólidos disueltos es del 96%.
- ✓ Con el tratamiento utilizado se logró una disminución de los valores de dureza de 552 mg/L a 80mg/L, del magnesio de 80,67 mg/L a 9,7 mg/L, del calcio de 76 mg/L a 16 mg/L, de los sólidos totales de 1212 mg/L a 212 mg/L, de los sólidos disueltos de 1076,77 mg/L a 47 mg/L, llevando los diferentes parámetros dentro de los límites permitidos por la Norma correspondiente.

5.1 RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda aplicar el estudio realizado para de esta manera garantizar el consumo de agua de la población de la parroquia Yaruquíes, y aprovechar al máximo los pozos existentes.
- ✓ En cualquier momento que la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado decida implementar el diseño realizado en la presente investigación, es recomendable realizar un análisis físico-químico y microbiológico del agua, para tener en cuenta la situación actual de la misma.
- ✓ Al utilizar las resinas como medios ablandadores se recomienda tener en cuenta las características y la funcionalidad de la misma, para de esta manera realizar una correcta manipulación.
- ✓ Para implementación de la planta se recomienda realizar un estudio que incluya el impacto ambiental, social y económico, además tener en cuenta la topografía del terreno, vías de fácil acceso, y la cercanía con la fuente de abastecimiento.

RESUMEN

Se diseñó un Sistema de Tratamiento de Agua para Consumo Humano de la red N°4 perteneciente a la ciudad de Riobamba.

Se recolectaron 4 muestras del pozo “El Estadio”, basándome en ESTÁNDAR MHETODS *2310 A y B, para realizar los análisis físicos, químicos y microbiológicos requeridos para evaluar la calidad actual del líquido antes de recibir un tratamiento. En los análisis de caracterización se utilizaron métodos y técnicas establecidos en el Stándar Methods, estos fueron realizados en el laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

De acuerdo a los resultados obtenidos del agua antes del tratamiento se identificaron 5 parámetros fuera de los límites permitidos; que son: dureza con un valor de 552 mg/L, magnesio con 80,67 mg/L, calcio con 76 mg/L, sólidos totales con 1212 mg/L, y sólidos disueltos con 1076,77 mg/L, mientras que los análisis microbiológicos se encontraron dentro de los límites permitidos por la norma.

Una vez realizado el tratamiento del agua a nivel de laboratorio los análisis de caracterización arrojan los siguientes resultados: dureza 80mg/L, magnesio 9,7 mg/L, calcio 16 mg/L, sólidos totales 212 mg/L, sólidos disueltos 47 mg/L, teniendo así parámetros que se encuentran dentro de los límites permitidos por la Norma INEN 1108 para agua potable.

El sistema de tratamiento diseñado consta con 6 etapas para potabilización, las cuales son: Captación, Filtración, Ablandamiento, Afinamiento, Desinfección y Distribución

Concluyendo así que el sistema elegido para el tratamiento es eficiente en un 86% en remoción de dureza, 83% en remoción de sólidos totales y un 96% en remoción de sólidos disueltos, lo que garantiza la calidad y el consumo del agua para la población.

Se recomienda a EMAPAR, aplicar el estudio realizado para de esta manera garantizar el consumo de agua de la población de la parroquia Yaruquíes, y aprovechar al máximo los pozos existentes.

SUMARY

A system for treating water for human consumption of the network N. 4 belonging to the city of Riobamba was designed.

Four samples from the well “El Estadio” were collected, based on the STANDARD METHODS *2310 A and B for physical, chemical and microbiological analyses needed to evaluate the liquid current quality before receiving treatment. In the characterization, analyzes of methods and techniques were used in the Standard Methods provided, these were made at the laboratory of technical analysis at the Faculty of Sciences, ESPOCH.

According to the obtained water results before treatment, 5 parameters have been identified out the permitted limits: hardness with a value of 552 mg / l, magnesium with 80.67 mg / l, calcium 76 mg / l, total solids with 1212 mg / l, total dissolved solids with 1076.77 mg / l, whereas microbiological analyzes were found within limits permitted by standard.

Once the water treatment was made at the laboratory, the level the characterization analyzes gave the following results; hardness 80 mg / l, magnesium 9.7 mg / l, total solids 212 mg / l, total dissolved solids, 47 mg / l, having parameters that are within limits permitted by standard INEN 1108 to drinkable water.

The treatment system consists of 6 steps designed for potabilisation: uptaking, filtration, softening, refining, disinfection and distribution.

It is concluded that the system chosen for treatment is efficient at 86% in removal of hardness, 83% in total solids removal and 96% removal of total dissolved solids to ensure the quality and population water consumption.

It is recommended to EMAPAR, to apply the study to ensure population water of Yaruquies town and take the maximum advantage of existing wells.

BIBLIOGRAFIA GENERAL

1. **ARBOLEDA, J.**, Teoría y Práctica de Purificación de Agua., 3a ed., México – DF - México., Mc Graw-Hill., 1999., Pp. 5-20, 166-170, 748-760.
2. **APHA, AWWA, WPCF.**, Métodos Normalizados Para Análisis de Agua Potable y Residual., Madrid – España., Díaz de Santos., 1992., Pp. 2-78, 95-110.
3. **AROCA, R.**, Abastecimiento de Agua Teoría y Diseño., 2a ed., Caracas - Venezuela., Vega., 1987., Pp. 24-30.
4. **CABALLERO, P.**, Métodos Estándar para el Examen de Aguas Potables y Residuales., 11va ed., México - DF México., Interamericana., 1963., Pp. 80-115, 120, 280-288.
5. **CACERES, O.**, Manual para la Desinfección de Agua

Mediante Cloración., 2a ed., Lima - Perú.,
Ministerio
de Salud., 1979., Pp. 20-25.

- 6. DANIEL, F.,** Manual de Agua su Tratamiento y
Aplicación.,
1a ed., Madrid – España., Mc Graw Hill., 1989., Pp.
6
– 15.

- 7. KEMMER, F.,** Manual de Agua su Naturaleza, Tratamiento
y
Aplicaciones., México – DF México., Limusa.,
1990.,
Pp.35-38, 350-400.

- 8. ROMERO, J.,** Calidad de Agua., 3a ed., Bogotá -
Colombia.,
Escuela Colombiana de Ingeniería., 2009., Pp. 104-
425

- 9. ECUADOR., INSTITUTO ECUATORIANO DE
NORMALIZACION., (INEN)., Para Agua Potable N°
1108., Quito-Ecuador., INEN., 2010., Pp. 1-8.**

ANEXOS

ANEXO I

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1108: 2010

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

PARAMETRO	UNIDAD	Límite Máximo Permitido
Características físicas		
Color	Unidades de color verdadero (UTC)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	--	no objetable
Sabor	--	no objetable
Inorgánicos	mg/L	
Antimonio, Sb	mg/L	0,02
Arsénico, As	mg/L	0,01
Bario, Ba	mg/L	0,7
Boro, B	mg/L	0,5
Cadmio, Cd	mg/L	0,003
Cianuros, CN	mg/L	0,07
Cloro libre residual*	mg/L	0,3 a 1,5"
Cobre, Cu	mg/L	2
Cromo, Cr (cromo total)	mg/L	0,05
Flúor, F	mg/L	1,5
Manganeso, Mn	mg/L	0,4
Mercurio, Hg	mg/L	0,006
Molibdeno, Mo	mg/L	0,07
Níquel, Ni	mg/L	0,07
Nitratos, NO ₃	mg/L	50
Nitritos, NO ₂	mg/L	3,0
Plomo, Pb	mg/L	0,01
Selenio, Se	mg/L	0,01
Uranio, U	mg/L	0,015
<p>* Cuando se utiliza cloro como desinfectante y luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos</p> <p>"Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos.</p>		

ANEXO II

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1108: 2010

REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS

	Máximo
Coliformes Totales (1)NMP/100 cm ³	< 1,1 *
Coliformes Fecales NMP/100 cm ³	< 1,1 ´
<i>Cryptosporidium</i> , número de quistes/100 litros	ausencia
Giardia Lamblia, número de quistes/ 100 litros	ausencia
<p>* < 1,1 Significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm³ o 10 tubos de 10 cm³ ninguno es positivo.</p> <p>(´) En el caso de los grandes sistemas de abastecimiento (Ver anexo 1), debe dar ausencia en el 95% de las muestras tomadas durante cualquier periodo de 12 meses.</p>	

ANEXO III

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1108: 2010

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

POBLACIÓN	NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS POR AÑO
<5000	12
5000 – 100000	12 POR CADA 5000 PERSONAS
> 100000 – 500000	120 MAS 12 POR CADA 10000 PERSONAS
> 500000	180 MAS 12 POR CADA 100000 PERSONAS

ANEXO IV

RESULTADO DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA ANTES DEL TRATAMIENTO- MUESTRA N° 1



LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Jenny Donoso

Fecha de análisis: 2 de octubre del 2012

Fecha de entrega de resultados: 31 de Octubre del 2012

Tipo de muestra: Agua de pozo. Yaruquies. El Estadio

Localidad: Cantón Riobamba

Código: LAT/FQ-191-12

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
pH	Unid	6.5 - 8.5	7.28
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	1727
Turbiedad	UNT	1	0.8
Cloruros	mg/L	250	85.1
Dureza	mg/L	200	520.0
Calcio	mg/L	70	89.6
Magnesio	mg/L	30 - 50	71.9
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	460.0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	469.2
Sulfatos	mg/L	200	279.7
Amonios	mg/L	< 0.50	0.097
Nitritos	mg/L	0.001	0.024
Nitratos	mg/L	< 40	9.200
Hierro	mg/L	0.30	0.025
Fosfatos	mg/L	< 0.30	2.984
Sólidos Totales	mg/L	1000	1212.0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	1070.7

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Agua con elevado contenido mineral
Indice de Languelier = 0.7 Agua de tendencia incrustante

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

ANEXO V

RESULTADO DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA ANTES DEL TRATAMIENTO- MUESTRA N° 2



LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS

FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Jenny Donoso

Fecha de análisis: 9 de octubre del 2012

Fecha de entrega de resultados: 31 de Octubre del 2012

Tipo de muestra: Agua de pozo. Yaruquies. El Estadio

Localidad: Cantón Riobamba

Código: LAT/FQ-201-12

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
pH	Unid	6.5 - 8.5	7.40
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	1736
Turbiedad	UNT	1	0.2
Cloruros	mg/L	250	90.8
Dureza	mg/L	200	504.0
Calcio	mg/L	70	64.0
Magnesio	mg/L	30 - 50	83.6
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	540.0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	550.8
Sulfatos	mg/L	200	1.4
Amonios	mg/L	< 0.50	0.104
Nitritos	mg/L	0.001	0.011
Nitratos	mg/L	< 40	3.600
Hierro	mg/L	0.30	0.045
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0.459
Sólidos Totales	mg/L	1000	1260.0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	1076.3

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Agua con alto contenido mineral
Índice de Languelier = 0.9 Tendencia incrustante

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

ANEXO VI

RESULTADO DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA ANTES DEL TRATAMIENTO- MUESTRA N° 3



LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS

FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Jenny Donoso

Fecha de análisis: 18 de octubre del 2012

Fecha de entrega de resultados: 31 de Octubre del 2012

Tipo de muestra: Agua de pozo. Yaruquies. El Estadio

Localidad: Cantón Riobamba

Código: LAT/FQ-207-12

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
pH	Unid	6.5 - 8.5	7.43
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	1743
Turbiedad	UNT	1	0.4
Cloruros	mg/L	250	41.1
Dureza	mg/L	200	512.0
Calcio	mg/L	70	96.0
Magnesio	mg/L	30 - 50	66.1
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	400.0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	408.0
Sulfatos	mg/L	200	242.5
Amonios	mg/L	< 0.50	0.133
Nitratos	mg/L	0.001	0.012
Nitratos	mg/L	< 40	10.400
Hierro	mg/L	0.30	0.140
Fosfatos	mg/L	< 0.30	1.301
Sólidos Totales	mg/L	1000	1136.0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	1080.7

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones:

Agua con alto contenido mineral

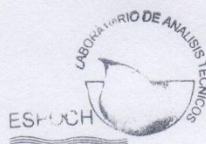
Índice de Langelier = 0.8 Tendencia incrustante

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.



ANEXO VII

RESULTADO DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA ANTES DEL TRATAMIENTO- MUESTRA N° 4



LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS

FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Jenny Donoso

Fecha de análisis: 23 de octubre del 2012

Fecha de entrega de resultados: 31 de Octubre del 2012

Tipo de muestra: Agua de pozo. Yaruquies. El Estadio

Localidad: Cantón Riobamba

Código: LAT/FQ-211-12

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
pH	Unid	6.5 - 8.5	7.26
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	1741
Turbiedad	UNT	1	0.5
Cloruros	mg/L	250	26.9
Dureza	mg/L	200	552.0
Calcio	mg/L	70	54.4
Magnesio	mg/L	30 - 50	101.1
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	520.0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	530.4
Sulfatos	mg/L	200	194.7
Amonios	mg/L	< 0.50	0.212
Nitritos	mg/L	0.001	0.014
Nitratos	mg/L	< 40	7.300
Hierro	mg/L	0.30	0.020
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0.969
Sólidos Totales	mg/L	1000	1240.0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	1079.4

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones:

Agua con alto contenido mineral

Índice de Languelier = 0.7 Tendencia incrustante

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.



ANEXO VIII

RESULTADO DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA DESPUES DEL TRATAMIENTO- MUESTRA N° 1

ESPOCH

**LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS
FACULTAD DE CIENCIAS**

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Srta. Jenny Donoso

Fecha de análisis: 15 de mayo del 2013

Fecha de entrega de resultados: 17 de mayo del 2013

Tipo de muestra: Agua de pozo Yaruquies el Esatdio

Localidad: Riobamba

Código: LAT 087-13

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
pH	Unid	6.5 - 8.5	8.19
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	1205
Dureza	mg/L	200	80.0
Calcio	mg/L	70	16.0
Magnesio	mg/L	30 - 50	9.7
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	360.0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	367.2
Sólidos Totales	mg/L	1000	212.0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	147.1

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores de alcalinidad fuera de norma

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.



ANEXO IX

RESULTADO DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA MUESTRA N° 1



Contáctanos: 093387300 - 032942022 ó 093806600 – 03360-260
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS

CLIENTE: Sra. Jenny Donoso	CODIGO: 197 -12
DIRECCION: México 32-50 y Colón	TELEFONO: 032 946 647
TIPO DE MUESTRA: Agua de pozo, El Estadio – Yaruquies.	
FECHA DE RECEPCIÓN: 2012-10-24	
FECHA DE MUESTREO: 2012-10-26	

0.1.- EXAMEN FISICO

COLOR: Incolora.

OLOR: Inodora

02.- DETERMINACIONES	METODO USADO	VALOR REFERENCIAL *	VALOR ENCONTRADO
Coliformes Totales UFC/ 100ml	Membrana Filtrante	$< 1,0 \times 10^0$	Ausencia
Coliformes Fecales UFC/ 100ml	Membrana Filtrante	$< 1,0 \times 10^0$	Ausencia

03 OBSERVACIONES: Valores referenciales tomados de la Norma INEN 1108:2006* para agua de consumo doméstico.

FECHA DE ANALISIS: 2012-10-24

FECHA DE ENTREGA: 2012-10-26

RESPONSABLES:

Dra. Gina Álvarez R.

Dra. Fabiola Villa

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.

ANEXO X

RESULTADO DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA MUESTRA N° 2



Contáctanos: 093387300 - 032942022 ó 093806600 - 03360-260
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba - Ecuador

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS

CLIENTE: Sra. Jenny Donoso	CODIGO: 195 -12
DIRECCION: México 32-50 y Colón	TELEFONO: 032 946 647
TIPO DE MUESTRA: Agua de pozo, El Estadio - Yaruquies.	
FECHA DE RECEPCIÓN: 2012-10-18	
FECHA DE MUESTREO: 2012-10-22	

0.1.- EXAMEN FISICO

COLOR: Incolora.

OLOR: Inodora

02.- DETERMINACIONES	METODO USADO	VALOR REFERENCIAL *	VALOR ENCONTRADO
Coliformes Totales UFC/ 100ml	Membrana Filtrante	$< 1,0 \times 10^0$	Ausencia
Coliformes Fecales UFC/ 100ml	Membrana Filtrante	$< 1,0 \times 10^0$	Ausencia

03 OBSERVACIONES: Valores referenciales tomados de la Norma INEN 1108:2006* para agua de consumo doméstico.

FECHA DE ANALISIS: 2012-10-18

FECHA DE ENTREGA: 2012-10-22

RESPONSABLES:

Dra. Gina Álvarez R.



Dra. Fabiola Villa

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.

ANEXO XI

COSTOS POR CADA ETAPA DEL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DISEÑADO.

PROCESO	EQUIPO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	COSTO TOTAL \$
CAPTACION	TANQUE DE CAPTACION	1 u	100000	120000
FILTRACIÓN	FILTROS	2 u	6000	12000
ABLANDAMIENTO	FILTROS	2 u	7000	14000
AFINAMIENTO	FILTRO DE CARBON ACTIVADO	1 u	4000	4000
DESINFECCION	GENERADOR DE CLORO	1 u	3000	3000
DISTRIBUCION	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	1 u	100000	120000
BOMBEO	BOMBA CENTR. HF 20M3/HORA, H=30PSI, 3HP	2 u	590	1180
	BOMBA CENT. ACER INOX. 6.1 m3/Hora, Htot.	2 u	385	770
CONDUCCION	SUM E INSTA DE TUBERÍA HD, 200MM U/E	30 m	64,50	1935
TOTAL PREVIO				276885
IMPREVISTOS				27688,5
TOTAL				304573,5

Costo promedio de la implementación de la planta **304573,5** dólares en caso de decidir la construcción de tanques nuevos de captación y de conducción.

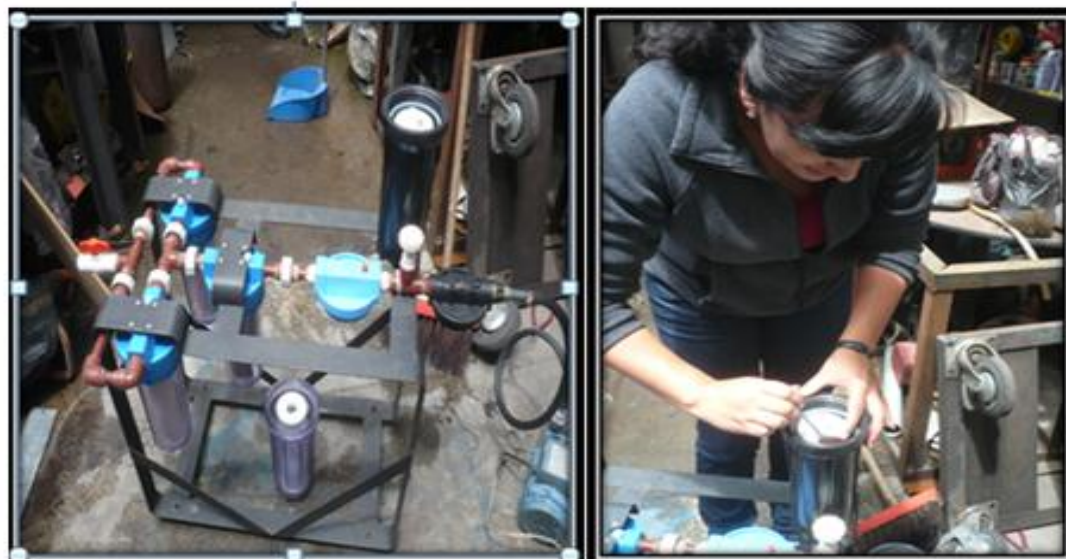
FOTOGRAFIAS Y DIAGRAMAS

FOTOGRAFIA I
ANALISIS DE LAS PROPIEDADES DE LA RESINA



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA Realizado por: Jenny Donoso Ll.	ANALISIS DE LAS PROPIEDADES DE LA RESINA		
			Lámina	Escala	Fecha
	Por Calificar <input type="checkbox"/> Para Archivar <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Para Información <input type="checkbox"/>		01		01/09/2013

FOTOGRAFIA II
PREPARACION DEL EQUIPO PARA POTABILIZAR UNA MUESTRA DE AGUA



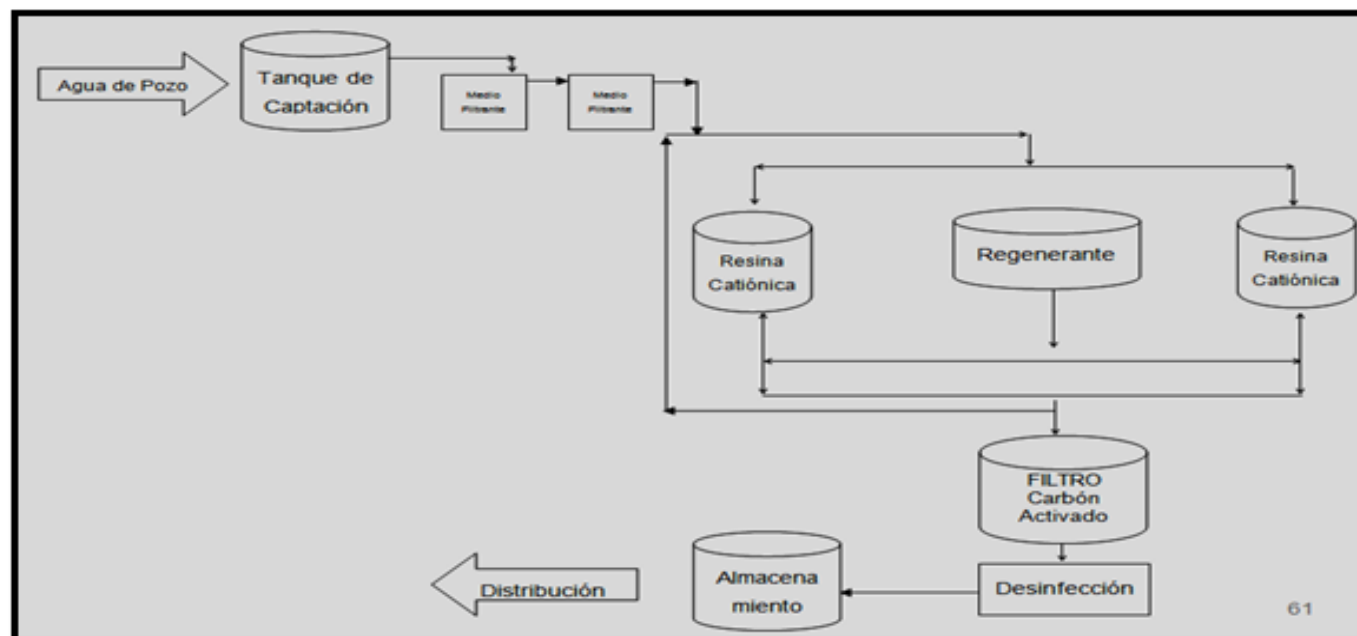
NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA Realizado por: Jenny Donoso Ll.	PREPARACION DEL EQUIPO		
			Lámina	Escala	Fecha
	Por Calificar <input type="checkbox"/> Para Archivar <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Para Información <input type="checkbox"/>		02		01/09/2013

FOTOGRAFIA III
FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO MAS RECOLECCION DE MUESTRA TRATADA



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA Realizado por: Jenny Donoso Ll.	FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO MÁS RECOLECCION DE MUESTRA DE AGUA TRATADA		
			Lámina	Escala	Fecha
	Por Calificar <input type="checkbox"/> Para Archivar <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Para Información <input type="checkbox"/>		03		01/09/2013

DIAGRAMA I
ETAPAS DEL MODELO DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA

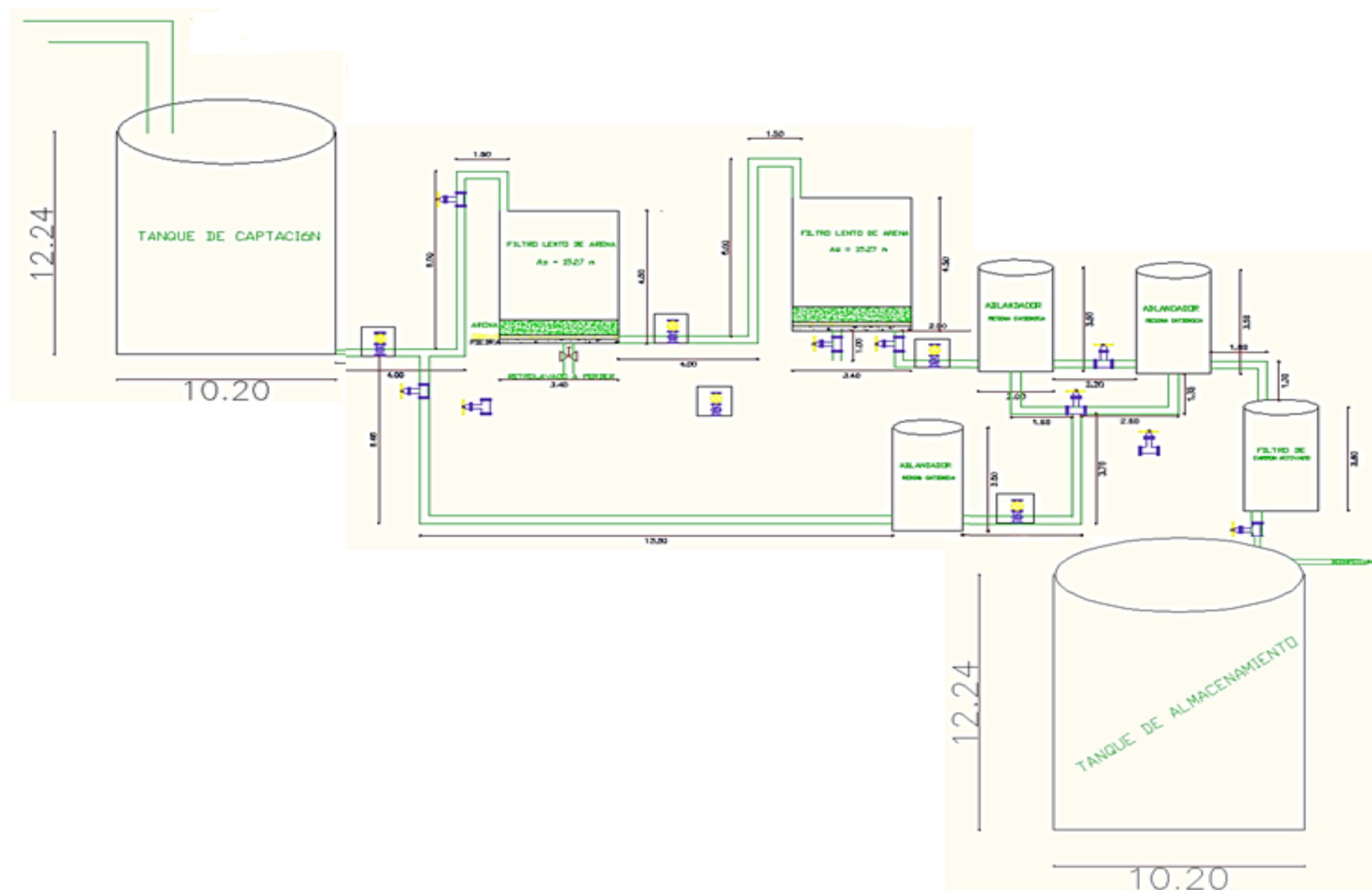


NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA Realizado por: Jenny Donoso Ll.		DIAGRAMA DEL SISTEMA DE POTABILIZACION		
	Por Calificar <input type="checkbox"/>	Para Archivar <input type="checkbox"/>			Lámina	Escala	Fecha
	Por Aprobar <input type="checkbox"/>	Certificado <input type="checkbox"/>			01		01/09/2013
	Por Eliminar <input type="checkbox"/>						
	Para Información <input type="checkbox"/>						

DIAGRAMA II
DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO RED N°4 YARUQUIES

SE MUESTRA EN EL PLANO A CONTINUACION

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA Realizado por: Jenny Donoso Ll.	DISEÑO DE LA PLANTA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO RED N°4 YARUQUIES		
			Lámina	Escala	Fecha
	Por Calificar <input type="checkbox"/> Para Archivar <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Para Información <input type="checkbox"/>		02		01/09/2013



**DIAGRAMA III
DETALLE DEL ABLANDADOR**

SE MUESTRA EN EL PLANO A CONTINUACION

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA Realizado por: Jenny Donoso Ll.	DETALLE DEL ABLANDADOR		
			Lámina	Escala	Fecha
	Por Calificar <input type="checkbox"/> Para Archivar <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Para Información <input type="checkbox"/>		03		01/09/2013

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> I <div style="text-align: center;"> DIAGRAMA IV DETALLE DEL REGENERANTE Y CUARTO DE SAL </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 100px;"> SE MUESTRA EN EL PLANO A CONTINUACION </div>							
NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA		DISEÑO DE LA PLANTA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO RED N°4 YARUQUIES		
	Por Calificar <input type="checkbox"/> Para Archivar <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Para Información <input type="checkbox"/>		Realizado por: Jenny Donoso Ll.		Lámina	Escala	Fecha
					04		01/09/2013

